# Replantation von Extremitäten

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

vorgelegt von

**Peter Koll**

aus

Dorum

1980

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546505_0032

# Replantation von Extremitäten

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

vorgelegt von Peter Koll
aus Dorum

1980

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Professor Dr. T.S. LIE
2. Gutachter: Professor Dr. M.U. DARDENNE

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Aus der Chirurgischen Klinik der
Universität Bonn
(Direktor: Professor Dr. F. Stelzner)

INHALTSVERZEICHNIS


| | | Seite |
|---|---|---|
| 1. | EINLEITUNG | 7 |
| 1.1. | Allgemeine Grundlagen der Extremitätenreplantation | 7 |
| 1.2. | Geschichtlicher Überblick | 7 |
| 1.2.1. | Mikrochirurgie | 7 |
| 1.2.1.1. | Entwicklung der Mikrochirurgie | 7 |
| 1.2.1.2. | Anwendungsbereiche der Mikrochirurgie | 8 |
| 1.2.2. | Replantation | 8 |
| 1.2.2.1. | Replantation in der Kunst | 8 |
| 1.2.2.2. | Anfänge der Extremitätenreplantation | 9 |
| 1.2.2.3. | Verfahren der Denudierung | 10 |
| 1.2.2.4. | Erste Extremitätenreplantationen bei Menschen | 11 |
| 2. | REPLANTATION DER EXTREMITÄTEN | 12 |
| 2.1. | Zielsetzung einer Extremitätenreplantation | 12 |
| 2.1.1. | Erhaltung der Vitalität des Amputates | 12 |
| 2.1.2. | Wiedererlangung der Funktionsfähigkeit | 12 |
| 2.1.3. | Ästhetische Wiederherstellung | 12 |
| 2.2. | Indikation zur Replantation | 13 |
| 2.2.1. | Lokalisation der Amputationsstelle | 14 |
| 2.2.2. | Ausmaß und Typ der Verletzung | 15 |
| 2.2.3. | Ischämiezeit der amputierten Extremität | 16 |
| 2.2.4. | Alter des Patienten | 18 |
| 2.2.5. | Psyche des Patienten | 18 |
| 2.2.6. | Ausrüstung des Krankenhauses | 19 |

2.3. Technisches Verfahren 19
2.3.1. Präoperative Phase 19
2.3.1.1. Aufbewahrung des Amputates 19
2.3.1.2. Versorgung des Patienten 20
2.3.2. Operative Phase 20
2.3.2.1. Anamnese und Inspektion des Amputates 20
2.3.2.2. Vorbereitung des Amputates zur Replantation 21
2.3.2.3. Knochenverbindung 22
2.3.2.4. Gefäßanastomose 23
2.3.2.5. Nervnaht 26
2.3.2.6. Sekundäroperation 27
2.3.2.7. Reihenfolge der einzelnen operativen Schritte 27
2.3.3. Postoperative Phase 29
2.3.3.1. Medikation 29
2.3.3.2. Sauerstoffüberdruck-Behandlung 30
2.3.3.3. Heilung 32

2.4. Klinik und Ergebnisse 34
2.4.1. Vitalität replantierter Extremitäten abhängig vom Amputationsgrad 34
2.4.2. Vitalität replantierter Extremitäten abhängig vom Verletzungstyp 35
2.4.3. Vitalität replantierter Extremitäten abhängig vom Alter des Patienten 37
2.4.4. Vitalität replantierter Extremitäten abhängig von der Ischämiezeit 38
2.4.5. Ergebnisse bei der nervalen Reinnervation 39
2.4.6. Fingerreplantationen 40

2.5. Komplikationen 41
2.5.1. Lokale Zwischenfälle 42
2.5.1.1. Postoperative Ödembildung 42
2.5.1.2. Obstruktionen 43
2.5.1.3. Hämorrhagien 44
2.5.1.4. Infektionen 45
2.5.1.5. Nekrosen, Gangrän 45
2.5.1.6. Pseudarthrosen 46

2.5.2. Generalisierte Zwischenfälle 46
2.5.2.1. Generalisierter Blutdruckabfall 46
2.5.2.2. Sepsis 46
2.5.2.3. Toxisches Koma 47
2.5.2.4. Akute Niereninsuffizienz 47

3. ZUSAMMENFASSUNG 48

4. LITERATURVERZEICHNIS 49

5. TABELLEN 61

# 1. EINLEITUNG

## 1.1. Allgemeine medizinische Grundlagen der Extremitätenreplantation

Die medizinischen Grundlagen für die Durchführung von Replantationen liegen in den Erkenntnissen der Traumatologie und der Mikrochirurgie. Replantationschirurgie beinhaltet eine Synthese von Organkonservierung, Infektionsbekämpfung, Gewebsrestauration, Gefäßanastomose, Koagulationsverhinderung und Funktionswiederherstellung (MALT und McKHANN 1964).

Dabei ist die Gefäßanastomose das zentrale Problem zur Vitalerhaltung der amputierten Extremität. Die erfolgreiche Ausführung von Replantationen wurde erst durch die technische Lösung der Anastomose feiner Blutgefäße und die Möglichkeit der exakten Nervnaht erreicht. Die Fortschritte auf dem Gebiet der Mikrochirurgie sind für die Entwicklung der Extremitätenreplantation von entscheidender Bedeutung.

## 1.2. Geschichtlicher Überblick

### 1.2.1. Mikrochirurgie

#### 1.2.1.1. Entwicklung der Mikrochirurgie

Die Mikrochirurgie nahm ihren Anfang mit der Anwendung des Mikroskopes. Im Jahre 1921 bediente sich als erster NYLEN bei einer Mittelohr-Operation dieses Hilfmittels(Zit. NYLEN 1972). Nach dem heutigen Stand der Technik war es ein primitives Monokularmikroskop. Erst im Jahre 1946 wurde das Mikroskop auch in die Ophthalmologie durch PERRIT (1950) eingeführt, bis JACOBSON und SUAREZ (1960) Angaben zu Operationsverfahren mit dem Mikroskop bei der Gefäßchirurgie machten. Während sie ein Biocular-Sezier-Mikroskop

bei ihren Arbeiten verwendeten, bietet heute ein Triploskop gleic
zeitig für drei Operateure bioculare Sicht auf das Operationsfel

### 1.2.1.2. Anwendungsbereiche der Mikrochirurgie

Ausgehend von der Otolaryngologie durch NYLEN (1972) und der Ophthalmologie durch PERRIT (1950) findet die Mikrochirurgie inzwischen Verwendung auf allen medizinischen Gebieten und hat neue Möglichkeiten der Diagnose und Therapie eröffnet. Neben der Otolaryngologie und Ophthalmologie sind es hauptsächlich die Disziplinen Orthopädie, allgemeine Chirurgie, plastische Chirurgie, Herzchirurgie, Neurochirurgie, Transplantations- und Replantationschirurgie, die durch die Mikrochirurgie ihr Arbeitsfeld erweitern konnten. Die exakte und erfolgreiche Extremitätenreplantation ist durch die Gefäßmikrochirurgie erst ermöglicht worden.

## 1. 2.2. Replantationen

### 1.2.2.1. Replantationen in der Kunst

Das Wiederanwachsen von abgetrennten Gliedmaßen beschäftigt den Menschen schon immer und ist in der abendländischen Kultur in Literatur und Kunst dokumentiert (TOSATTI 1974). Doch diese Idee des Menschen blieb ein Wunsch und wurde verwirklicht durch Wunder

So stellt Michelangelo im "Jüngsten Gericht" (Sixtinische Kapelle Rom) St. Bartholomeus dar, der in der Hand seine eigene Haut hält und sie wieder an seinen eigenen Körper anwachsen lassen kann. - Auch Jesus replantiert ein Ohr, was einem unbekannten niederländischen Maler der Dirc-Bouts-Schule im 15. Jahrhundert das Thema eines Gemäldes lieferte (Gefangennahme Jesu, Walraff-Richartz-Museum, Köln). - Tiepolo (17. Jahrhundert) schuf ein Bild "St. Markus replantiert den Arm eines Soldaten", den Hintergrund bildet die Geschichte von St. Markus, einem Arzt aus dem 1. Jahrhun-

dert n. Chr., der einem Soldaten einen Arm replantiert, welcher ihm im Kriege amputiert wurde. - Die Geschichte einer Beinreplantation durch den Hl. Antonius von Padua (1195-1231) ist dargestellt in einer Kirche in Genua von dem Maler P. de Servi. - Das am besten dokumentierte Beispiel einer Beinreplantation ist die Erzählung von den Heiligen Cosmas und Damian, die einem Kirchendiener ein krankes Bein amputierten und das eines Negers transplantierten, dargestellt auf drei Gemälden. Einmal auf dem eines unbekannten niederländischen Malers des 15. Jahrhunderts (Würtemb. Landesmuseum, Stuttgart), auf einem Gemälde von Fra Angelico (15. Jahrhundert) im Museum der Kirche von St. Marco, Florenz, und auf einem Bild von A. Francken d. Ä. (17. Jahrhundert, Königl. Museum für Schöne Künste, Antwerpen). Auch eine Skulptur aus dem 16. Jahrhundert stellt diese Geschichte dar (Museo Nacionalde Excultura Valladolid).

1.2.2.2. Anfänge der Extremitätenreplantation

Die ersten anatomischen Voraussetzungen für Replantationen wurden von HALSTEAD et al. (1922) geschaffen, die 1887 mit Experimenten an Hunden begannen. Sie berichten von Transplantationen mit Hundehinterbeinen. Die Beine wurden von einer Seite zur anderen transplantiert, wobei die A. femoralis solange nicht durchgetrennt wurde, bis das Bein in der neuen Position angewachsen war. Eine wichtige Beobachtung war die, daß ab dem 6. postoperativen Tag die Durchblutung der transplantierten Extremität durch neu gebildete Gefäße gesichert war.

HÖPFNER (1903) konnte wenig befriedigende Erfolge bei Experimenten an drei Hunden mit replantierten Hinterbeinen erzielen. Das Hinterbein wurde bei den Experimenten vollständig abgetrennt und anschließend replantiert. Bei einem Hund blieb die A. femoralis 11 Tage lang frei, der Hund starb beim Verbandwechsel an einer Chloroform-Vergiftung in der Narkose. Bei den anderen beiden Hunden traten nach einigen Tagen Thrombosen auf.

Das größte Interesse war in den Anfängen der Replantationschirur-

gie auf die technischen Probleme des Gefäßanschlusses konzentrier
Doch die zu der Zeit noch nicht gelöste Frage der Infektionskontrolle ist wesentlich für die aufgetretenen Mißerfolge verantwortlich. Deshalb erzielten Replantationsversuche von CARREL und CUTHRIE (1906) und von CARREL (1908) keinen Erfolg, da die Hunde an Sekundärinfektionen starben.

JIANU (1913) berichtet von einer Replantation eines Hundebeines, das 10 Minuten amputiert war. Der Hund starb 3 Monate später an einer Bronchopneumonie. Die Suturstellen zeigten bei der Obduktion eine volle Wiederherstellung der Gewebe, die Gefäße waren durchgängig.

Erst mit der Einführung des Mikroskopes in die Mikrogefäßchirurgie wurde die Möglichkeit eröffnet, auch Blutgefäße unter einem Durchmesser von 3 mm zu nähen. Experimentelle Arbeiten im Zusammenhang mit Replantationsmöglichkeiten führten zuerst 1958 BUNCKE und SCHULZ (1966) am Kaninchenohr durch, JACOBSON und SUAREZ (1960) gaben verfeinerte Methoden der Mikrogefäßchirurgie an.

### 1.2.2.3. Verfahren der Denudierung

Um die Komplikationen zu umgehen, die mit der unterbrochenen Blutzufuhr im Amputat und der Gefäßanastomose einhergehen, beschrieb GILLIES (1940) ein anderes Verfahren zur Wiederherstellung abgetrennter Finger. Dabei wird das Amputat bis auf den Knochen und die Sehnen denudiert, die Knochen- und Sehnenenden vereinigt, und über eine Sekundärplastik werden durch eine subkutane Hauttasche die Fingerweichteile modelliert. Klinische Ergebnisse und Modifikationen sind angegeben von GORDON (1944), GILLIES (1955), WILFLINGSEDER (1957), PRIČ (1964) WILFLINGSEDER (1968) und FREILINGER (1970).

1.2.2.4. Erste Extremitätenreplantationen beim Menschen

Mit der Möglichkeit der Infektionskontrolle durch Chemotherapeutika und der Fähigkeit, kleine Gefäße zu anastomosieren, waren die Voraussetzungen für den initialen Erfolg bei Replantationen geschaffen.

Die erste erfolgreiche Extremitätenreplantation mit mikrochirurgischen Methoden wurde beim Menschen 1962 von MALT und McKHANN (1964) durchgeführt. Sie replantierten bei einem 12 Jahre alten Jungen den rechten Arm, der unterhalb der Schulter total abgetrennt war. 1963 replantierten CH'EN CHUNG-WEI et al. (1963) einem Patienten zum ersten Mal eine Hand, die oberhalb des Handgelenks amputiert war. Von der ersten erfolgreichen Daumenreplantation im Jahre 1965 berichten KOMATSU und TAMAI (1968), und aus dem SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL liegt die erste Meldung von erfolgreichen Fingerreplantationen aus dem Jahre 1967 vor.

Doch mit der Schaffung der anatomischen Voraussetzungen für eine Replantation total amputierter Glieder waren die Langzeiterfolge keineswegs so, daß von einer Routineoperation gesprochen werden konnte (PALETTA 1968). Eine strenge Indikationsstellung ist nötig, um einen Replantationseingriff mit langwieriger Rehabilitationsphase gegenüber dem Patienten in Bezug auf funktionelle und ästhetische Überlegenheit über eine Prothese zu rechtfertigen.

## 2. REPLANTATION DER EXTREMITÄTEN

### 2.1. Zielsetzung einer Extremitätenreplantation

#### 2.1.1. Erhaltung der Vitalität des Amputates

Das vornehmliche Ziel ist es, ein Überleben des Replantates zu erreichen. Der Schlüssel zum Erfolg liegt in einer sofortigen und präzisen Gefäßanastomose (CH'IEN YUN-CH'ING et al. 1966). Während ohne mikrochirurgische Technik und Instrumente dieses Ziel meistenteils nicht zu erreichen ist, bleibt bei einer vollständigen Amputation von Extremitäten nur der Verschluß des Stumpfes mit eventuell anschließender prothetischer Rehabilitation (ENGBER und HARDIN 1971). Dieser Weg ist chirurgischtechnisch einfacher zu lösen, doch ist der funktionelle Erfolg durch eine Prothese oft unbefriedigend.

#### 2.1.2. Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit

Schon zu Beginn der erfolgreichen Extremitätenreplantationen mit mikrochirurgischen Methoden wurde die Forderung nach einer nicht nur vitalen, sondern auch gebrauchsfähigen Extremität erhoben (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1967). Deshalb ist die Aussicht auf ein funktionell befriedigendes Ergebnis für die Indikationsstellung für eine klinische Replantation von Bedeutung (HERBSMAN 1966).

#### 2.1.3. Ästhetische Wiederherstellung

Neben Erhalt der Vitalität und Funktionsfähigkeit eines Replantates steht das Bemühen, dem Patienten zu einem ästhetisch ansprechenden Ergebnis zu verhelfen. Auch hier kann eine Prothese nicht befriedigende Resultate liefern. Aus psychologischer Sicht

ist für den Patienten eine replantierte Extremität einer Prothese überlegen; die eigene Extremität vermittelt dem Patienten weit mehr ein Gefühl der Selbstsicherheit und Zufriedenheit als es eine Prothese kann (ONJI et al. 1964). Diese Überlegenheit spielt eine entscheidende Rolle bei der Motivierung des Verunglückten zur Replantationsoperation. Die Inkorporation einer Prothese ist der einfachere und schnellere Weg, deshalb sind psychisch stabile Menschen von großer Wichtigkeit, um die nach der Replantation oft lange Rehabilitationszeit zu bewältigen (MALT et al. 1972, CHASE 1972). - MALT und McKHANN (1964) fordern deshalb in diesem Zusammenhang vom Patienten eine positive Einstellung zur eigenen Extremität, damit eine Mitarbeit in der Rekonvaleszenz-Zeit gewährleistet sein kann.

## 2.2. Indikation zur Replantation

Nicht jeder Verletzte mit abgetrennten Extremitäten ist ein Kandidat für eine Replantation. Als Kontraindikation für eine Replantation müssen alle lebensgefährlichen Verletzungen und großen Verletzungen innerer Organe angesehen werden, die eine Erstversorgung verlangen. Auch Patienten mit chronischen Erkrankungen oder Systemerkrankungen, die einen Operationsstreß nicht erlauben, sind von der Replantation ausgeschlossen (RAMIREZ et al. 1967, SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975a).

Die Abwägung von Replantation oder prothetischer Rehabilitation zwingt zu folgenden Überlegungen:

- Ist die Verletzung so beschaffen, daß bei komplikationsloser Heilung das replantierte Glied ein funktionell besseres Ergebnis erbringt als eine Prothese

  und

- erlauben es Alter, Gesundheit, Psyche, Beruf und wirtschaftliche Umstände des Patienten, daß eine langsame Genesung mit der

Hoffnung auf funktionelle und ästhetische Wiederherstellung Vorrang haben kann vor einer sofortigen Rehabilitation (MALT und McKHANN 1964, WILLIAMS et al. 1966).

## 2.2.1. Lokalisation der Amputationsstelle

Die Bedeutung des Extremitätenverlustes für den Patienten ist eine Überlegung bei der Indikationsstellung, und die Lokalisation der Abtrennungslinie gibt hierzu allgemeine Anhaltspunkte. Generell ist für die oberen Extremitäten eher die Indikation für eine Replantation gegeben als für die unteren Gliedmaßen. Die funktionellen Forderungen an eine obere Extremität - vor allem der Hand lassen sich durch eine Prothese nur unbefriedigend lösen, zudem wirkt eine Prothese ästhetisch störend; deshalb sollte von dieser Indikation her jeder Versuch zur Replantation einer oberen Extremität gemacht werden (KLEINERT et al. 1973). Außerdem weisen vorliegende Ergebnisse eine steigende Erfolgsrate auf (KLEINERT et al. 1973, MARTY 1973, HARRIS und MALT 1974). Klinische Erfahrunge haben gezeigt, daß die nervale Regeneration in den oberen Extremitäten besser ist als die der unteren (MALT und McKHANN 1964) un durch vermutlich verzögerte und unvollständige Regeneration der motorischen und sensiblen Fasern ein höherer Anteil von Mißerfolgen bei der Replantation unterer Extremitäten zu verzeichnen ist (McNEILL und WILSON 1970, MALT et al. 1972). Gegen die Replantation unterer Extremitäten spricht weiterhin die operationstechnisch bedingte starke Verkürzung des Gliedmaßes, was zu erheblichen Haltungsschäden und Bewegungsschwierigkeiten führen kann. Au Grund der funktionellen Bedeutung des Daumens und des Zeigefinger ist für diese Extremitäten auf jeden Fall eine Replantation angezeigt wie auch im Falle der Amputation mehrerer Finger gleichzeitig (MALT et al. 1972, O'BRIEN et al. 1973a, HARRIS und MALT 1974 MARTY 1973, JAFFE et al. 1975, SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975a).

## 2.2.2. Ausmaß und Typ der Verletzung

Der Erfolg einer Replantationsoperation ist weitgehend vom Umfang der Knochen-, Weichteil- und Gefäßverletzung abhängig (PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL 1973). Je größer die Gewebszerstörung ist, umso ungünstiger ist die Prognose. Bei Quetsch- und Abrißverletzungen besteht nicht nur die Gefahr der Nekrose des Replantates, auch ist die funktionelle Wiederherstellung schwierig (HERBSMAN et al. 1966). Die Mißerfolge rühren bei umfangreichen Trümmerverletzungen daher, daß auch das distale Gefäßbett zerstört ist und eine ausreichende Blutversorgung im distalen Segment nicht wieder hergestellt werden kann (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1967). Abrißverletzungen machen deshalb große Schwierigkeiten bei der Operation, weil durch die unterschiedliche Abrißhöhe der einzelnen Gewebe keine exakte Wiederherstellung von Nerven und Gefäßen möglich ist (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975). Die optimale Situation für eine Replantation ist eine glatte Gewebedurchtrennung mit einem scharfen Instrument ohne starke Verschmutzung (PALETTA 1968, JAFFE et al. 1975). Nach BUNCKE et al. (1973) findet man aber nur in 15 % aller Replantationsindikationen solche Verletzungen.

Ausmaß und Typ der Verletzung sind somit wichtige Kriterien zur Replantationsindikation, insbesondere wegen der kleinen anatomischen Strukturen der Finger ist hier die Indikation eng zu stellen. Nach O'BRIEN et al. (1973b) ist eine Fingerreplantation bei glatter Amputation durch scharfe Instrumente immer indiziert. Der Versuch einer Replantation sollte bei lokalen Quetschverletzungen des Daumens und des Zeigefingers unternommen werden, bei Quetschverletzungen der anderen Finger ist eine Replantation nur dann indiziert, wenn die Glieder von spezieller Wichtigkeit für den Verunglückten sind. Der Abrißverletzung von Fingern wird nur in wenigen Fällen eine Replantationsindikation zugeschrieben.

2.2.3. Ischämiezeit der amputierten Extremität

Um eine Aussage über die zeitliche Grenze der Replantationsfähigkeit ischämischer Amputate machen zu können, hat LAPCHINSKY (1960) als erster umfangreiche Versuchsreihen an Hunden durchgeführt. Daß eine Kühlung des Amputates eine irreversible Schädigung des Gewebes hinauszögert, war bekannt. Schon 1943 hatten BLAKEMORE et al. (1943) erfolgreich Methoden der Gefäßanastomose an 2 Hundebeinen erprobt, nachdem sie die amputierten Gliedmaßen über einen Zeitraum von 24 Stunden in Eiswasser aufbewahrt hatten. Die tierexperimentelle Untersuchungsreihe an Hunden von LAPCHINSKY (1960) ergab eine erfolgreiche Replantation bei einer Ischämiezeit des Amputates bis zu 28 Stunden und einer Kühlung von 2-4° C. Bei Raumtemperatur (18-20° C) ist nach Angaben von ONJI et al. (1964) eine Replantation nur bis zu einer Ischämiezeit von 2 Stunden möglich. Weiterhin sind bis zu einem Zeitraum von 24 Stunden bei einer Kühlung des Amputates bei 2-4° C die biochemischen und histologischen Veränderungen am Gewebe reversibel (LAPCHINSKY 1960).

Untersuchungen von EIKEN et al. (1964) ergaben, daß mit dem Einsetzen der Ischämiezeit die Amplitude der nervösen Impulse zurückgeht, während die Leitungsgeschwindigkeit konstant bleibt. Zuerst waren die großen A-Fasern vom Ausfall betroffen, die C-Faserleitung blieb annähernd normal. Nach 75 Minuten der Ischämie führte die elektrische Stimulierung der Nerven zu keiner Kontraktur, während die direkte Stimulanz des Muskels eine Kontraktur auslöste. Die Versuche zeigten, daß die primäre Blockade in der neuromuskulären Synapse zu suchen war und mit einer Zerstörung von Enzymsystemen einherging. Erst nach 5-6 Stunden blieb auch bei direkter Stimulanz des Muskels eine Kontraktur der Fasern aus.

Die Zeit fällt zusammen mit ersten histologisch sichtbaren Anzeichen einer Zellnekrose, und zwar der Reduktion der Fibrillen. Die A- und I-Bänder der Muskelfasern sind merklich gekrümmt, im Mikroskop ist eine fortschreitende Zerstörung der Z-Bänder sichtbar. Kernabnormitäten waren nicht zu beobachten. Die Versuche führten zu dem Ergebnis, daß die Hypothermie einen dämpfenden Einfluß auf

die Zellnekrose ausübt. Die Biopsien ergaben zwar die gleichen Zerfallvorgänge, jedoch im Vergleich zur Normothermie weniger progredient. Der Muskel reagiert als erstes Gewebe auf Ischämie, während der Schaden an peripheren Nerven nach gleicher Ischämiezeit reversibel ist. - Untersuchungen von ONJI et al. (1964) bestätigen, daß die Muskelfasern, die der Luft ausgesetzt sind, zuerst nekrotisch werden. PAS-Färbungen zeigten, daß die Schnittflächen der Gewebe nach 2 Stunden eine geringere Färbung aufwiesen als das übrige Gewebe. Mit fortschreitender Ischämiezeit wächst die Zone der verminderten Phosphorylasereaktion. Eine Enzymaktivität in Amputaten wird von ONJI et al. (1964) bis zu 4 Stunden bei Lagerung der Amputate bei Zimmertemperatur festgestellt. Nach einer Ischämiezeit von 6 Stunden sind die Enzymsysteme zerstört.

Generell sind kleine Amputate wegen geringerer Gewebsmasse länger replantationsfähig. Die klinischen Erfahrungen und experimentellen Ergebnisse zeigen, daß 6 Stunden bei normaler Temperatur (10-25° C) eine relativ sichere, maximal zu tolerierende Ischämiezeit für große Extremitäten zu sein scheint (HAYHURST et al. 1974). OWEN (1975) beschränkt diese Zeit auf 3-4 Stunden. Durch Kühlung der amputierten Extremität auf 2-4° C kann die Ischämiezeit ausgedehnt werden. Angaben darüber schwanken zwischen 24 Stunden (LENDVAY 1973, OWEN 1975) für Fingeramputate und 18 Stunden (WEILAND et al. 1976, SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1967) für große Extremitäten.

OWEN (1975) beschränkt letztere Zeit auf 10 Stunden. Wie weit endgültig jedoch durch Kühlung die Ischämiezeit und damit eine irreversible Gewebeschädigung verlängert werden kann, konnte bisher nicht exakt festgelegt werden (MEYER et al. 1976). Der Zeitfaktor sollte nicht isoliert betrachtet werden, durch günstige Witterungsbedingungen sind Amputate bis zu 36 Stunden Ischämiezeit erfolgreich replantiert worden (PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL 1975, SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1973).

## 2.2.4. Alter des Patienten

Eine endgültige Aussage über die Altersgrenze für erfolgversprechende Replantationen kann kaum gemacht werden. Eine Begrenzung auf 35 Jahre ist vorgeschlagen worden (KOLOS und ORLAY 1974), doch in der Klinik sind viele Replantationen bei Patienten mit höherem Alter erfolgreich gewesen (MALT et al. 1972, HARVEY et al. 1974, BOWEN und POOLE 1975). MALT fordert deshalb allgemein, daß die Indikation zur Replantation flexibler und großzügiger gehandhabt wird (MIDELL und LOUGHRAN 1976). Es ist allerdings bekannt, daß die Schwierigkeiten bei der Nervregeneration und psychologischen Anpassung des Patienten an die Situation mit dem Alter zunehmen (LENDVAY 1973, HARRIS und MALT 1974, EGER et al. 1974).

## 2.2.5. Psyche des Patienten

Die psychologische Lage des Amputationsverletzten ist ein wichtiger Faktor für die Replantationsindikation (PALETTA 1968). Der Patient sollte mit der Operation einverstanden sein, nachdem ihm hinreichend die möglichen Miß- und Teilerfolge eines solchen umfangreichen Unternehmens bekannt sind (PALETTA 1968, MIDELL und LOUGHRAN 1976). Um nicht während der Rehabilitationszeit eine Desillusionierung und ein Nachlassen der Motivierung zu erleben, eignen sich besonders Patienten, die die nötige psychologische Kraft für eine Replantation besitzen (EGER et al. 1974, JAFFE et al. 1975). Jüngere Patienten sind daher eher zur Replantationsoperation zu bewegen, da der psychologische Effekt der eigenen Extremität für einen jüngeren Menschen hoch eingeschätzt werden muß und die Begeisterungsfähigkeit mit Aussicht auf ein positives Ergebnis leichter zu wecken und Schwierigkeiten besser zu überwinden sein werden.

2.2.6. Ausrüstung des Krankenhauses

Replantationen sind dann indiziert, wenn die Ausrüstung des Krankenhauses und die Erfahrung der Chirurgen solche Eingriffe zulassen. Dazu gehört neben der operativen Ausstattung der Klinik auch die Möglichkeit, den Patienten in der langen und mühsamen postoperativen Phase physiotherapeutisch und psychisch optimal zu versorgen (EGER et al. 1974). Ein experimentelles Forschungsprogramm soll zur Erfahrungssammlung auf diesem speziellen Gebiet der Mikro- und Handchirurgie führen (O'BRIEN et al. 1973b). OWEN (1975) fordert auf Grund seiner Erfahrungen in Australien für eine Bevölkerungszahl von 5 Mill. Einwohnern ein Replantationszentrum mit einem Team von mindestens 4 Mikrochirurgen.

## 2.3. Technisches Verfahren

### 2.3.1. Präoperative Phase

#### 2.3.1.1. Aufbewahrung des Amputates

Im Falle einer traumatischen Amputation einer Extremität sollte das abgetrennte Gliedmaß am Unfallort wasserdicht und wenn möglich steril verpackt (Plastikbeutel, Tuch, Aluminiumfolie) in einen eisgefüllten Behälter (einen weiteren Plastikbeutel oder eine Kühltasche) gelegt werden (MALT und McKHANN 1964, JAFFE et al. 1975, BIEMER und DUSPIVA 1976).
Das Amputat soll:

- nicht gefroren werden,
- nicht in Trockeneis oder Wasser gelegt werden,
- nicht gesäubert, desinfiziert und perfundiert werden (JAFFE et al. 1975, KLEINERT et al. 1973).

Im Operationsraum wird das Amputat bei 2-4$^{o}$ C gekühlt gelagert. Dies geschieht entweder durch Aufbewahren in einem Eisbad (EGER et

al. 1974), durch Einlegen in eine 2-4° C gekühlte Ringerlösung (KLEINERT et al. 1973) oder durch eine kontinuierliche Kühlung in Cryogel (O'BRIEN 1976).

2.3.1.2. Versorgung des Patienten

Die medikamentöse Behandlung des Amputationsverletzten erstreckt sich auf die üblichen Maßnahmen der Unfallmedizin wie Schockbehandlung und Infektionsprophylaxe (MALT und McKHANN 1964, RAMIREZ et al. 1967). Auch die Wundfläche des Stumpfendes sollte am Unfallort möglichst nicht behandelt werden, ebenfalls unterbleibt das Abbinden von Gefäßen; die Blutstillung erfolgt durch einen Druckverband (OWEN 1975).

2.3.2. Operative Phase

2.3.2.1. Anamnese und Inspektion des Amputates

Die Entscheidung zur Replantationsfähigkeit des Amputates wird neben der Anamnese und Inspektion durch Röntgenkontrollaufnahmen gefällt, die Aufschluß über den Zustand des Knochens geben sollen (EGER et al. 1974, RAMIREZ et al. 1967). Von einer präoperativen Angiographie rät RAMIREZ et al. (1967) ab, um eine durch Kontrastmittel auslösbare Entzündungsbereitschaft mit möglicher Thrombose zu vermeiden. Allerdings ist dann eine Kontrolle über den Zustand des distalen Gefäßbettes nicht möglich. Die chirurgische Desinfektion des Amputates und des Extremitätenstumpfes erfolgt durch 2 Chirurgenteams, um dadurch die Ischämiezeit des Replantates verkürzen zu können. Während der Säuberung des Stumpfendes empfiehlt RAMIREZ et al. (1967) ein kurzes Abbinden. Als Desinfektionsmittel trägt er ein farbloses Antiseptikum auf die Haut auf, um nach der Revaskularisation eine Veränderung der Hautfarbe im replantierten Teil erkennen zu können.

2.3.2.2. Vorbereitung des Amputates zur Replantation

Vor der Gefäßanastomose ist eine Beseitigung von Blutgerinseln aus dem amputierten Teil des Gefäßbettes indiziert. Dies geschieht unter Zu-Hilfe-Nahme von Instrumenten und durch retrogrades Ausstreichen - Melken - des Replantates (MALT und McKHANN 1964, EGER et al. 1974), was nach Aussagen von TAMAI et al. (1972) auch zur besseren Auffindung der Arterie des amputierten Fingers beiträgt.

Eine weitere, gebräuchliche Methode besteht in der Perfusion des Amputates. Durch Kanülierung einer größeren Arterie und einer Vene mit dem üblichen Infusionsbesteck kann hydrostatisch infundiert werden (MARTY 1973). Das Auswaschen soll nach STREULI (1970) auf 5-10 Minuten, nach EGER et al. (1974) auf 10-15 Minuten beschränkt werden. Über die Indikation zur Perfusion von amputierten Fingern gehen die Angaben auseinander: KLEINERT et al. (1973) und O'BRIEN et al. (1973) lehnen die Perfusion bei kleineren Arterien wegen eines erhöhten Ausmaßes von Intimazerstörung bei der Kanülierung ab. Für Finger sei die beste Perfusionsflüssigkeit der wiederhergestellte Blutfluß (O'BRIEN 1976). TAMAI et al. (1972) befürwortet eine Perfusion mit einer stumpfen Nadel. Auch in China werden vor einer Replantation die Fingeramputate perfundiert (O'BRIEN 1974).

Von allen angegebenen Perfusionslösungen ist eine isotonische Kochsalzlösung mit Heparinzusatz am gewöhnlichsten (STREULI 1970). Am gebräuchlichsten ist eine 10 % Heparinzugabe (RAMIREZ et al. 1967, EGER et al. 1974). Ringerlösungen und Lösungen von niedermolekularem Dextran, wie sie von MARTY (1973), KLEINERT et al. (1973) und RAMIREZ et al. (1967) verwendet werden, verbessern nach Angaben von STREULI (1970) die Ergebnisse offenbar nicht. Auch Rheomacrodex und Antibiotikazusätze - verwendet von EGER et al. (1974), MALT und McKHANN (1964), WILLIAMS et al. (1966) - bieten danach keine Vorteile. Experimentelle Untersuchungen von EIKEN et al. (1964) und Angaben von GELIN (1956), GELIN (1957), RHEA und FORSTER (1961) und BORGSTRÖM et al. (1959) bestätigen jedoch, daß niedermolekulares Dextran einer Blutaggregation und einer Thrombosierung tiefer gelegener Venen vorbeugt.

Vor der Ausführung der Gefäßnaht ist eine sorgfältige Inspektion des proximalen und distalen Gefäßbettes notwendig. Gefäße, bei denen Adventitia oder Intima verletzt sind, sollten im Gesunden exidiert werden. Alles gequetschte oder zerrissene Gewebe ist vor der Anastomose sorgfältig zu entfernen. Bei der Inspektion sind insbesondere 4 Punkte zu beachten:

- Sorgfältiges Suchen nach Petechien und Hämatomen in der Gefäßwand
- Achten auf glatte und saubere Schnittränder der Intima
- Achten auf Loslösungen der Intima von der Gefäßwand
- Beachten von Lecks in der Gefäßwand (Kontrolle durch Auswaschen der Gefäße unter Druck mit Kochsalzlösung. Austreten von Flüssigkeit durch die Adventitia oder Anschwellen sind Anzeichen für Intimaverletzungen).
  (CH'IEN YUN-CH'ING et al. 1966).

2.3.2.3. Knochenverbindung

Eine Kürzung beider Knochenenden vor der Fixation ist generell indiziert. Einmal, um eine Anfrischung der Enden und einen optimalen Kontakt der Knochenwundflächen zu erzielen (MALT und McKHANN 1964), zum anderen, um eine spannungsfreie Verbindung der Weichteile zu ermöglichen (CH'EN CHUNG WEI et al. 1963). Die Kürzung des Knochens kann aus diesem Grunde mehrere Zentimeter betragen. Bei 94 Replantationsfällen im Shanghai Sixth People's Hospital lag die Verkürzung zwischen 3 und 18 cm (BUNCKE 1973). Die Fixation des Knochens erfolgt mit intramedullären Nägeln oder einer Platte, wie es bei Frakturen üblich ist. Durch Periostnaht wird eine Heilung beschleunigt (CH'EN CHUNG-WEI et al. 1965).

2.3.2.4. Gefäßanastomose

Eine wesentliche Bedeutung bei der Replantation kommt der Gefäßanastomose zu. Sie soll einen vom Blutvolumen her gleichen venösen Ausfluß wie arteriellen Einfluß im replantierten Gliedmaß sicherstellen. Da der Druck im venösen Schenkel geringer als im arteriellen und der venöse Rückfluß langsamer als in der Arterie ist, wird die Forderung erhoben, auf eine Arterie 2 Venen gleichen Durchmessers zu anastomosieren. Dies verhindert einen Anstieg des Druckes im venösen Schenkel, wodurch interstitiellen Ödemen vorgebeugt werden kann. (CH'EN CHUNG-WEI et al. 1965).

Eine Studie klinischer Fälle des Peking Chishueit-an Hospitals (1975) besagt, daß auch bei Anastomose gleicher Anzahl von Gefäßen der Druck und die Geschwindigkeit des Blutflusses in den Venen replantierter Extremitäten aus noch nicht bekannten Gründen kompensiert wird und somit der venöse Rückstrom sichergestellt ist, solange eine Hauptvene anastomosiert und die Öffnung an der Nahtstelle gewährleistet ist. Trotzdem wird an der Forderung festgehalten, wenn möglich mehr Venen als Arterien zu anastomosieren, um bei Obliteration einer Vene eine weitere Rückflußmöglichkeit zu gewährleisten.

Verletzte Gefäße neigen sehr stark zu Spasmen. Die Kontraktion der Gefäßwände ist einmal hinderlich beim Nähen der Gefäßenden und zum anderen ein Risiko für Thrombenbildung. Ursachen von Spasmen sind:

- neurogen bedingt durch den Sympatikotonus. Die Lösung des Spasmus ist durch Sympatikus-Blockade oder Durchtrennung der Adventitia möglich,
- myogen bedingt durch Kontraktion der Muskelfasern in der Gefäßwand. Die Lösung dieser Spasmen ist möglich durch
  - Spreizen des Gefäßlumens mittels Moskitoklemmen (besonders bei Arterien),
  - Einlegen einer Kanüle in das Gefäßlumen und Injektion von Kochsalzlösung (besonders bei Venen),

- Setzen von 2 sich gegenüberliegenden Situationsnähten in der Gefäßwand und Auseinanderziehen des Gefäßes durch die Fäden (gebräuchlich für Venen und Arterien). (CH'IEN YUN-CH'ING et al. 1966).

Für die Anastomose von Gefäßen kleiner als 3 mm im Durchmesser ist ein Mikroskop nötig. Ein 2- oder 3-Mann-Operationsmikroskop ist günstig, weil es gleichzeitig für Assistenten und OP-Schwestern die Möglichkeit bietet, das Operationsfeld zu überblicken (O'BRIEN et al. 1973b). Im allgemeinen wird für die Gefäßanastomose eine Vergrößerung von 10-25fach gebraucht. Neben dem Mikroskop ist eine Lupe mit 2-5facher Vergrößerung nützlich (KLEINERT et al. 1973). Durch die Zu-Hilfe-Nahme von Mikroskopen bei der Gefäßanastomose im Jahre 1973 konnte im Shanghai Sixth People's Hospital die Erfolgsrate bei Fingerreplantationen von 50 % auf 90 % verbessert werden (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975).

Einige Hinweise erleichtern das oft schwierige Auffinden der digitalen Venen:

- die Hauptvene liegt zumeist auf der dorsalen Seite im subkutanen Gewebe,
- ein in dunkelroter Farbe imponierender Fleck auf der Schnittfläche gibt das Zentrum des Schnittendes der Vene an und kann durch Ausstreichen des Amputates verdeutlicht werden,
- Perfundieren über die Arterie ziegt beim Durchfluß das offene Ende der Vene an,
- die primäre Anastomose der Arterie erleichtert durch freien Blutfluß die Identifikation des Venenendes (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975).

Wichtig ist es, vor der Durchführung der Sutur alle Instrumente und die OP-Handschuhe von Blut- und Geweberesten zu säubern, weil durch Verunreinigungen des Fadens die Operation gefährdet ist (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975). Eine Medikation des Patienten mit einer einzigen Dosis Heparin (1mg/kg i.v.) und eine Infusion von 10 %iger Glukose mit 25 mg/kg Heparin wird empfohlen,

um einer Thrombose während der Anastomose kleiner Gefäße vorzubeugen (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975). Alle Gefäße, die nicht anastomosiert werden sollen, werden koaguliert. Farbstudien haben gezeigt, daß bei der Anastomose der verbliebenen Gefäße für die Venenwiederherstellung als Hintergrund ein hellgrüner Plastikstreifen und für die Arterienverbindung ein gelber Plastikstreifen das Operationsverfahren erleichtern (O'BRIEN 1976).

Die histologischen Beobachtungen von O'Brien ergeben, daß die Hyperplasie der Subintima an der Schnittstelle in den Arterien bedeutend stärker ausgeprägt ist als in den Venen. Er führt dies einmal darauf zurück, daß die Media der Vene weniger Muskelfasern enthält als die der Arterie, und daß die Regenerationsfähigkeit der Venen vermindert ist (O'BRIEN et al. 1973b). Durch die Einwanderung der Zellen aus der Media und Einlagerung von elastischen Fasern in die Subintima kommt es zur Hyperplasie, das besonders bei Arterien eine Verengung des Gefäßlumens oder eine Stenose zur Folge hat (O'BRIEN und BAXTER 1974). Auch die Traumatisierung der Gefäßwand durch die Naht führt zur Mikrothrombenbildung mit anschließender Organisation oder zu einer hyalinen Nekrose der Media (O'BRIEN 1976).

Große Gefäßdefekte können durch Venentransplantate überbrückt werden. Bei Defekten über 2 cm Länge ist dies möglich durch autogenes Venenmaterial, in der Regel von der vena saphena magna, oder mit lokalen Venen, die für die Anastomose entbehrlich sind (CH'IEN YUN-CH'ING et al. 1966). Defekte unter 2 cm werden nach diesen Angaben durch Zusammenziehen der Gefäßenden und End-zu-End-Anastomose geschlossen. Histologische Ergebnisse von O'BRIEN (1976) zeigen bei Mikroarterientransplantaten eine Subintima-Hyperplasie und damit eine Verengung des Gefäßlumens, während Venentransplantate als Arterienersatz eine Umformung zur Arterienstruktur erfahren. Experimentell weist TS'UI CHIH-YI et al. (1966) bei Untersuchungen am Kaninchenohr den Vorzug autogenen Gefäßmaterials gegenüber Gefäßersatz aus Kunststoff nach. Der Blutfluß in Gefäßen unter 3 mm Durchmesser war bei autogenem Material in 48 % der Fälle gewährleistet, bei Gefäßen über 3 mm Durchmesser sogar in 100 % der Fälle.

Die Ergebnisse beim Gefäßersatz aus Kunststoff waren unbefriedigend.

2.3.2.5. Nervnaht

Die Entscheidung darüber, ob bei einer Extremitätenreplantation zur funktionellen Wiederherstellung zugleich eine primäre Nervnah durchzuführen ist, liegt in erster Linie an der Form und dem Ausmaß der Wunde. Generell wird eine primäre Nervnaht bevorzugt bei glatten Schnitten und Möglichkeit der spannungslosen Anastomose, die zum Teil durch Knochenkürzung zu erzielen ist (CH'EN CHUNG-WE et al. 1965, MALT und McKHANN 1964).

Liegen Quetsch- oder Abrißverletzungen vor, so sind die Ergebniss bei sekundärer Wiederherstellung der Nerven günstiger (BATEMAN 1962). Die Schwierigkeiten liegen bei der primären Versorgung darin, über das Ausmaß der Nervbeschädigung eine exakte Aussage zu machen. Da dies bei umfangreichen Gewebeschädigungen nicht möglic sein wird, ist auch die Regenerationsfähigkeit des Nerven in Frag gestellt. Um eine Anastomose von irreversibel geschädigten Nerven auszuschließen, bleibt nur eine sekundäre Nervnaht, nachdem die Nervenenden zur besseren Identifitkation mit Fäden markiert und nach Ablauf einer Zeitspanne - DUCKER et al. (1969) fordert mindestens 3 Wochen nach dem Unfall - ihr Zustand Auskunft über die Regenerationsfähigkeit gibt. (MALT und McKHANN 1964, CH'EN CHUNG-WEI et al. 1965).

Operationstechnisch weist insbesondere CH'EN CHUNG-WEI et al. (19 auf die notwendige Vereinigung von gleichartigen Nervenfasern hin Da die meisten peripheren Nerven gemischte Anteile enthalten, füh das Verwinden des Nervenstranges bei der Anastomose zu Störungen in der Funktion. Anhaltspunkte zur richtigen Position sind:

- Gewebestruktur des Nerven
- Lage der versorgenden Arterie
- Lage der verzweigenden Nervenstränge.

2.3.2.6. Sekundäroperationen

Einige Autoren weisen auf Nachteile eines sekundären Eingriffs nach erfolgter Replantation hin:

- zusätzlicher Verlust von Gewebe (JAFFE et al. 1975)
- Gefahr der Läsion genähter Gefäße (VOGT 1970)
- erschwerter Eingriff in bereits vernarbtes Gewebe (O'BRIEN et al. 1973a).

Auch wenn MARTY (1973) fordert, eine primäre Operation so definitiv wie möglich auszuführen, lassen in der Mehrzahl der Fälle die Verletzungen keine endgültige primäre Versorgung der Nerven und Sehnen zu. Dies trifft insbesondere für Quetsch- und Abrißverletzungen zu. Die sekundären operativen Eingriffe sollten auf die Übertragung autogener Sehnen und auf Nervtransplantationen zur Defektüberbrückung beschränkt bleiben (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975a). Diese Eingriffe erfolgen zeitlich 2-4 Monate nach der Replantation, sobald röntgenologisch eine Verbindung beider Knochenenden ersichtlich ist. Verletzungen mit umfangreichen Gewebsverlusten erfordern langwierige plastische und funktionsverbessernde Eingriffe (HERBSMAN et al. 1966).

2.3.2.7. Reihenfolge der einzelnen operativen Schritte

Einer sorgfältigen und umfassenden Reinigung und Beseitigung zerstörten und geschädigten Gewebes ist der Vorrang vor allen anderen Maßnahmen einzuräumen. Schematisch verläuft eine Replantation in folgenden operativen Schritten ab:

- Knochenverkürzung und Osteosynthese
- Gefäßanastomose
- Nervnaht
- Sehnen- und Muskelnaht
- Weichteilversorgung (nach: MARTY 1973).

Die Durchführung der Osteosynthese vor der Gefäßanastomose verlängert die Ischämiezeit des Amputates. Doch diese Reihenfolge erleichtert technisch die Anastomose der Gefäße und die Versorgung der Weichteile und bringt trotz verlängerter Ischämiezeit bessere Ergebnisse als eine primäre Gefäßanastomose.

Unterschiedliche Auffassungen bestehen hinsichtlich der Reihenfolge der arteriellen und venösen Anastomose bei der Replantations-Operation. Gründe, die für eine primäre arterielle Anastomose sprechen:

- die Ischämiezeit im Replantat wird verkürzt,
- das Auffinden der am besten für eine Anastomose geeigneten Vene wird durch hergestellten Blutfluß erleichtert (MIDELL, LOUGHRAN 1976),
- toxische Metaboliten können bei primärer arterieller Anastomose aus dem Replantat durch hergestellten Blutfluß herausgewaschen werden und gelangen nicht in den Körperkreislauf (PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL 1975).

Gründe, die für eine primäre venöse Anastomose sprechen:

- ein Blutstau im arteriellen Schenkel wird vermieden (MIDELL, LOUGHRAN 1976),
- der Blutverlust wird geringer und das Operationsfeld dadurch sauberer gehalten (PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL 1975).

Die primäre Anastomose der Venen ergibt weniger postoperative Komplikationen. Bei einer primären Arterienanastomose muß der Blutfluß während der anschließenden venösen Anastomose wieder unterbrochen werden, was zu Stauungen im distalen Gefäßbett führt und die Möglichkeit von Vasospasmen und Thrombosen vergrößert (PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL 1975). Auch O'BRIEN et al. (1973a) räumen der venösen Anastomose den Vorrang vor der arteriellen Verbindung ein und modifizieren die Angaben über die Reihenfolge der operativen Schritte speziell für Fingerreplantationen:

- Osteosynthese
- Naht der Strecksehnen (Sehnen des m. extensor digitorum)
- Anastomose der dorsalen venen (Arterien x 2)
- dorsale Weichteilversorgung
- Anastomose der Fingerarterie
- Nervnaht
- Naht der Beugesehnen (Sehnen des m. flexoris digitorum profundi)
- restliche Weichteilversorgung.

## 2.3.3. Postoperative Phase

### 2.3.3.1. Medikation

Die postoperative Medikation erfolgt zur Schmerzbekämpfung, zur Infektionsabwehr und zur Verhinderung von Durchblutungsstörungen durch Thromben oder Spasmen der replantierten Extremität. Dabei gilt der Durchblutungsstörung die größte Beachtung.

Um diesen Komplikationen vorzubeugen, wird im allgemeinen zur Postmedikation systematisch Gaben von Heparin und Dextran vorgeschlagen. Die Medikation beginnt 24 Stunden nach der Operation mit einer Heparingabe von 5000 I.E.i.v. (HERBSMAN et al. 1966, O'BRIEN 1976). Es folgt eine 12 Tage dauernde Medikation von 25000 I.E. Heparin in 1 l NaCl/die (O'BRIEN 1976). Zusätzlich werden 500 ml/die 6 %iges oder 10 %iges niedermolekulares Dextran (MG 40000) über 3-9 Tage verabreicht (O'BRIEN 1976, KOMATSU und TAMAI 1968, CHIEN YUN-CH'ING et al. 1966, WINFREY et al. 1964). Die systematische Anwendung von Heparin verbessert die Durchblutung in Gefäßen unter 1 mm Durchmesser (TS'UI CHIH-YI et al. 1966a).

Doch experimentelle Untersuchungen bei Replantationen am Kaninchenohr ergeben keine Verbesserung der Durchblutung durch Gaben von Heparin (HAYHURST et al. 1974). Nebenwirkungen bei systematischer Heparinmedikation lassen die Antikoagulatientherapie nach Replan-

tationen fraglich erscheinen und können den Erfolg einer Operation gefährden:

- Entstehung von lokalen Blutungen,
- Ausbildung von Hämatomen mit Venenkompression oder Infektion,
- allgemeine Reaktionen wie Appetitlosigkeit, Schwindel, Erbrechen, Hämaturie (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975a).

Therapeutisch erfolgversprechender ist die Anwendung von:

- lokaler Wärme (im Gegensatz zu RAMIREZ et al. 1967),
- Akupunktur,
- Spasmolytika,
- cervikaler Sympatikusblockade (übereinstimmend mit PALETTA 1968, KOMATSU und TAMAI 1968).

Als Antispasmolytika dienen Sympaloytika und Muskelrelaxantien. Sollten diese Maßnahmen keinen Erfolg bringen, ist eine Revision mit Auswaschen des Gefäßes oder eine Exzision mit anschließender Reanastomose indiziert (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975a).

### 2.3.3.2. Sauerstoff-Überdruck-Behandlung

Eine ungenügende Durchblutung replantierter Extremitäten steigert den degenerativen Zerfall der Zellen und führt zu einer Verstärkung der ödematösen Schwellungen. Eine Störung der Mikrozirkulation kann histologisch im Verschluß der Kapillaren durch geschwollene Perizyten beruhen (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975b). Diese mikrozirkulatorischen Störungen zu beseitigen, wozu auch erniedrigte Hauttemperaturen trotz anastomosierter, durchgängiger Gefäße zu zählen sind, ist das Ziel der Sauerstoff-Überdruck-Therapie, die vom Shanghai Sixth People's Hospital mit Erfolg bei ungenügender Durchblutung der replantierten Glieder seit 1966 angewendet wird.

Routinemäßig wird dem Patienten vor dem Einstieg in die Überdruckkammer niedermolekulares Dextran und Vasodilatantien gegeben, in Fällen stärkerer Ödeme ebenfalls Serumalbumin. Die Kammer wird mit 2-3 atü betrieben, der Patient wird 2 mal 20 Minuten mit 10 minütiger Pause der Druckatmosphäre ausgesetzt. Die Sitzungen finden 1-2 mal am Tag statt und erstrecken sich über 7 Tage. Die Ergebnisse zeigen, daß diese Methode den degenerativen Zerfall der Zellen aufhält. Die Hauttemperaturen direkt vor und nach einer Sauerstoff-Überdruck-Therapie differieren zwischen 1-4° C. Allerdings ist eine Sauerstoff-Überdruck-Therapie nur sinnvoll, wenn alle Gefäße sorgfältig anastomosiert wurden und durchgängig sind, da sonst eine Sauerstoffzufuhr in die replantierte Extremität nicht möglich ist.

Indikationen zur Sauerstoff-Überdruck-Therapie
(SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975b):

1. Klinisch erkennbare Durchblutungsstörungen in der replantierten Extremität trotz Durchgängigkeit der anastomosierten Gefäße nach längerer Ischämiezeit (über 8 Stunden).

2. Als Prophylaxe bei bestehender Blutzirkulation, aber bei längerer Ischämiezeit (über 8 Stunden).

3. Als Übergangstherapie bei akuter Zirkulationsstörung durch Thromboseausbildung oder Gefäßspasmen, wenn chirurgische Maßnahmen noch nicht eingeleitet sind.

4. Zirkulationsstörungen eine Woche nach Replantation durch thrombosierte Gefäße und nur ungenügend ausgebildeten Kollateralen.

Als Kontraindikationen gelten:

1. Erkrankungen oder Schädigungen der Lunge, wie Pneumothorax, Emphysem, Pneumatocele,

2. akute Infektion der oberen Luftwege oder Pulmonalinfektionen,

3. Sinusitis, Otitis media, Obstruktionen der Eustachischen Röhre,

4. Bluthochdruck, Augenhochdruck,

5. Fieber, innere Blutungen,

6. Schwangerschaft.

2.3.3.3. Heilung

Die replantierte Extremität wird nach abgeschlossener Operation und hergestellter Blutzirkulation zur Vermeidung von Gefäßspasmen immobilisiert (O'BRIEN et al. 1973) und bei einer Raumtemperatur von 21-25° C horizontal gelagert (TS'UI CHIH-YI et al. 1966b, VOGT 1970). Ein postoperatives Rauchverbot wegen des peripheren vasokonstriktorischen Effektes des Nikotins ist dem Patienten vorzuschreiben. Im Anschluß an die Replantation kann es zur atonischen Dilatation der Blutgefäße kommen. Klinisch ist dabei eine Rötung und Erwärmung des Replantates zu beobachten. Schon bei Hundeversuchen wurde dieses Phänomen erkannt, das auf die fehlende sympatische Innervation der Gefäße zurückzuführen ist (SNYDER et al. 1960). Der Blutfluß ist in den ersten 8 operativen Tagen in den peripheren Gefäßen erhöht. Eine ausreichende Durchblutung zeigt sich darin, daß die Hauttemperatur 1-2° C höher liegt als die Temperatur der vergleichbaren Extremität der anderen Seite, eine normale Zeit der Kapillarfüllung nach Pression festzustellen ist und bei Punktion der Haut frisches rotes Blut austritt. Nach dieser Phase kehrt langsam der vaskuläre Tonus wieder, daß es sogar durch zirkulierendes Adrenalin zu einer Minderdurchblutung kommen kann (TS'UI CHIH-YI et al. 1966b).

Um den Heilungsprozeß zu beschleunigen und einer Versteifung der Gelenke vorzubeugen, ist eine frühzeitige Bewegungstherapie, gekoppelt mit galvanischer Stimulierung der betroffenen Muskulatur, hilfreich. Mit regelmäßigen aktiven und passiven Bewegungsübungen sollte 3-4 Wochen nach der Operation begonnen werden (RAMIREZ et al. 1967, PALETTA 1968). Die Hilfe von Physiotherapeuten und Sozialhelfern ist für eine Rehabilitation mit befriedigendem funktionellem Gebrauch der replantierten Extremität vorteilhaft (O'BRIEN et al. 1973).

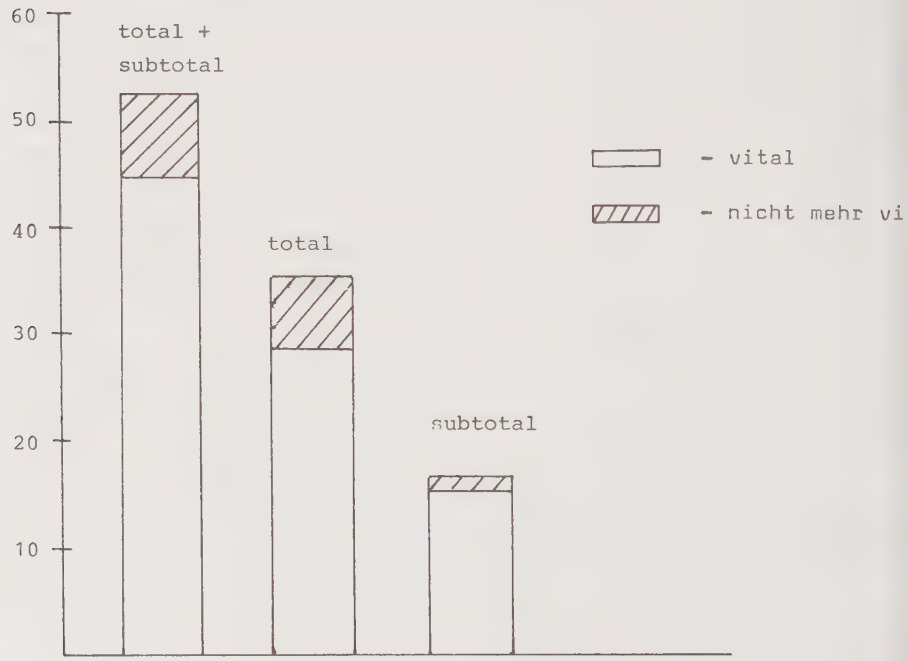
## 2.4. Klinik und Ergebnisse

Die vorliegenden Ergebnisse von Replantationen total und subtotal amputierter Extremitäten stammen aus den Jahren 1958 bis 1977. Sie beinhalten Oberarm-, Unterarm-, Hand-, Bein- und Fingerreplantationen.

Eine tabellarische Erfassung der Fälle befindet sich am Schluß der Arbeit.

### 2.4.1. Vitalität replantierter Extremitäten abhängig vom Amputationsgrad (Bein, Arm, Hand)

Abbildung 1: Vitalität replantierter Extremitäten abhängig vom Amputationsgrad (Bein, Arm, Hand)

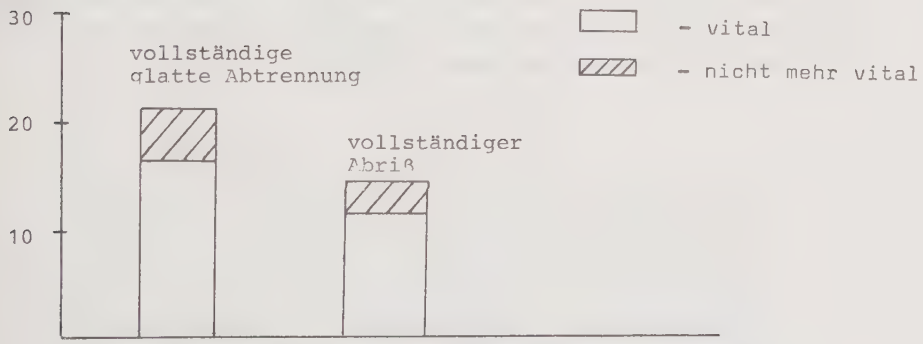


Bei 53 durchgeführten Operationen blieben 45 Replantate vital. Von 36 total vom Körper amputierten Extremitäten überlebten 29; bei 17 subtotal amputierten Extremitäten blieben 16 vital. - Die Replantation subtotal amputierter Extremitäten ist im Hinblick auf die Vitalerhaltung der Extremität günstiger zu beurteilen.

## 2.4.2. Vitalität replantierter Extremitäten abhängig vom Verletzungstyp (Bein, Arm, Hand)

Auf Grund der engen Indikationsstellung bei der Replantation traumatisch amputierter Extremitäten ist die Auswahl replantationswürdiger Fälle eingeschränkt. Bevorzugt sind wenig verschmutzte, scharf abgetrennte Extremitäten, weil dadurch die Möglichkeit der Infektion und Störung der Blutzirkulation im distalen Gefäßbett gering gehalten wird. Bei Trümmer-, Abriß- und Quetschverletzungen bedarf es einer gewissenhaften Entscheidung über Ausmaß der Gewebeschädigung am Amputat.

Abbildung 2: Vitalität replantierter Extremitäten abhängig vom Verletzungstyp (Bein, Arm, Hand)



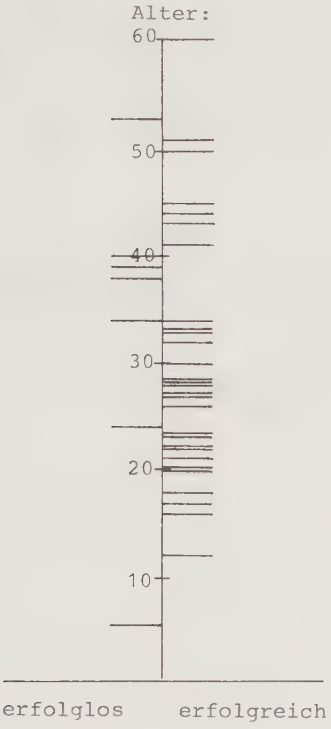
Bei 21 Replantationen nach glatter traumatischer Abtrennung sind 17 erfolgreich verlaufen, in 15 Fällen nach traumatischem, totalem Abriß sind 12 Extremitäten vital geblieben. Bedingt durch die enge Indikationsstellung für Abriß- und Quetschverletzungen sind Replantationen nur dann durchgeführt worden, wenn andere Indikationsstellungen eine günstige Prognose zuließen. Die vorliegenden Fälle lassen aus diesem Grunde keine Aussage über bessere Ergebnisse bei Replantationen von scharf abgetrennten Extremitäten zu.

Trotz enger Indikationsstellung sind in einer Serie von 40 Replantationen am PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL (1975) 32,5 % Mißerfolge zu verzeichnen gewesen, wobei die Hälfte davon auf die falsche Einschätzung des Verletzungszustandes am Amputat zurückzuführen ist. Die Mißerfolge wurden verursacht durch Zerstörung des distalen Gefäßbettes oder durch starke Kontamination des Amputates und daraus resultierender Infektion. - Nicht nur die Einführung des Mikroskopes in die Operationstechnik, sicher auch die Erfahrung in der Indikationsstellung hat die Verbesserung der Erfolgsrate von Fingerreplantationen von 50 % auf 90 % im Shanghai Sixth People's Hospital bewirkt.

Bei komplikationsloser postoperativer Phase ist die Vitalität der Extremität günstig zu prognostizieren. Dies zu erreichen, bedarf einer sorgfältigen Inspektion des distalen Gefäßzustandes und kritischer Abwägung des Kontaminationsgrades vor der Replantationsentscheidung. Bei 15 beschriebenen Fällen mit postoperativen Komplikationen mußten 8 Extremitäten wieder amputiert werden.

## 2.4.3. Vitalität replantierter Extremitäten abhängig vom Alter des Patienten (Bein, Arm, Hand)

Abbildung 3: Vitalität replantierter Extremitäten abhängig vom Alter des Patienten (Bein, Arm, Hand)



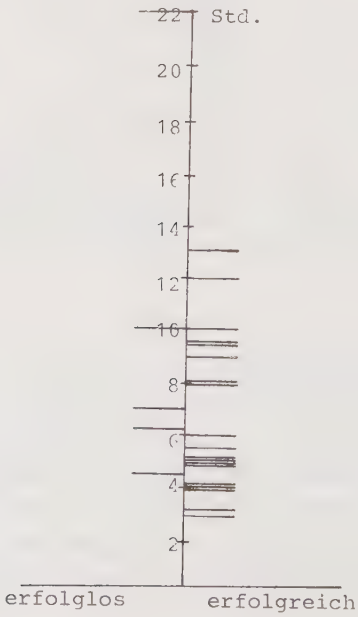

Erfolgreiche Extremitätenreplantationen beim Menschen sind bis zu einem Alter von 60 Jahren beschrieben (MALT et al. 1972). Vorliegende Mißerfolge von total amputierten Extremitäten sind allerdings vorwiegend in den höheren Altersgruppen zu verzeichnen: eine Unterarmreplantation bei einem 54-jährigen Mann (PALETTA 1968), eine Unterarmreplantation bei einem 39-jährigen Mann (RAMIREZ et al. 1967), eine Oberarmreplantation bei einem 38-jährigen Mann (JAFFE

et al. 1975) und eine Handreplantation bei einem 53-jährigen Mann (JAFFE et al. 1975). - Ausnahmen bilden die Mißerfolge bei den Replantationen eines Unterarmes bei einem 24-jährigen Mann (MALT et al. 1972) und einer Hand bei einem 5-jährigen Jungen (MALT et al. 1972).

LINDSAY (1962) mißt dem Alter bei der Bewertung erfolgversprechender Replantationen das größte Gewicht bei. Die klinischen Ergebnisse zeigen allerdings, daß dem Faktor "Alter" diese Gewichtung nicht zukommt, eher bei zweifelhaften Replantationsindikationen berücksichtigt werden sollte. Eine Altersgrenze für erfolgversprechende Replantationen kann nicht benannt werden.

## 2.4.4. Vitalität replantierter Extremitäten abhängig von der Ischämiezeit (Bein, Arm, Hand)

Abbildung 4: Vitalität replantierter Extremitäten abhängig von der Ischämiezeit (Bein, Arm, Hand)



Die durchgeführten Replantationen größerer Extremitäten liegen mit der Ischämiezeit zwischen 3 und 22 Stunden, wobei Replantationen mit einer Ischämiezeit von 10 Stunden und länger nur in 4 Fällen beschrieben wurden. Mißerfolge sind zu verzeichnen bei Ischämiezeiten von 4 1/2, 6 1/4, 7, 10 und 22 Stunden. OWEN (1975) beschränkt die Replantationsfähigkeit gekühlter, großer Extremitäten auf 10 Stunden. Nach Angaben von WEILAND et al. (1976) und vom SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL (1967) liegt die Grenze bei 18 Stunden. Durch eine frühzeitige Kühlung der Extremität scheint der Faktor "Ischämiezeit" auch für größere Amputate nicht vorrangig in der Replantationsindikation zu stehen.

### 2.4.5. Ergebnisse bei der nervalen Reinnervation

Erfolgreiche Vitalerhaltung des Amputates sagt noch nichts über die Reinnervation, über Sensibilität und Motorik in der replantierten Extremität aus. Bei Langzeitbeobachtungen ist allerdings die Reinnervation das ausschlaggebende Kriterium.

Experimentelle Untersuchungen von EICKEN et al. (1964) an Hunden ergab, daß nach Extremitätenreplantationen keine vollständige Rückkehr der Funktion zu erzielen und die Leitungsgeschwindigkeit in der replantierten Extremität herabgesetzt ist. - Unter optimalen Bedingungen (messerscharfe Durchtrennung der Nerven und Nervnaht unter dem Operationsmikroskop) sind nur 50 % der Überleitungszeit eines Nerven nach Replantation erreichbar (STREULI 1970). Funktionelle Erfolge von 50 % nach Replantationen sind somit sehr gute Ergebnisse. Doch die klinischen Ergebnisse sind oft weniger befriedigend, da durch Narbenkontraktur der Muskel und Sehnen solche Resultate beeinträchtige werden.

Bei der Beurteilung des nervalen Ergebnisses in der replantierten Extremität schneidet in der Regel die Sensibilität besser ab als die Motorik, obwohl eine Regeneration von motorischen und sensiblen Fasern gleichermaßen vorhanden ist. Dies hat möglicherweise seinen Grund in der funktionellen Einschränkung der Extremität

durch Ausbildung von Narbensträngen, die auch durch Sekundäroperationen nicht beseitigt werden können. - Amputationsumfang und Verletzungstyp sind wichtige Faktoren bei der Beurteilung des Langzeitergebnisses. Eine minimale Narbenbildung ermöglicht bessere funktionelle Ergebnisse, und daher sind primäre Versorgung aller Gewebe ohne sekundäre Eingriffe bei glatten Gewebedurchtrennungen die günstigeren Voraussetzungen für ein gutes Resultat.

Einen entscheidenden Einfluß auf die nervale erfolgreiche Wiederherstellung nimmt der postoperative Heilverlauf ein. In Fällen mit Ausbildung von Komplikationen im Heilungsprozeß ist das funktionelle und sensible Ergebnis wenig zufriedenstellend (ROTH 1970, STREULI 1970). Bei bakteriellen Infektionen oder Sekundärinfektionen nach Ausbildung von Hämatomen im Wundgebiet ist nicht nur die Vitalität des Replantates gefährdet, sondern auch der Langzeiterfolg unvollständig.

### 2.4.6. Fingerreplantationen

Die Fallberichte von Fingerreplantationen umfassen 53 Extremitäten aus den Jahren 1963 - 1977 und beschreiben fast ausschließlich erfolgreich verlaufene Operationen. Das Replantationszentrum des SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL (1975) hat von Januar 1966 bis August 1974 373 Finger replantiert mit einer Vitalitätsrate von 54,4 %. Mit der Anwendung des Mikroskopes bei Gefäß- und Nervnaht verbesserte sich das Ergebnis auf 90,6 % bei 32 durchgeführten Fingerreplantationen. Auch das Replantationszentrum im St. Vincent' Hospital, Melbourne (O'BRIEN 1976) gibt bei einer 10-Jahres-Studie 86 durchgeführter Fingerreplantationen einen Erfolg von 67,4 % an, wobei bei subtotalen Amputaten ein Vitalitätsergebnis von 82 % erreicht wird.

Für Fingerreplantationen sind Verletzungsgrad, -form und -ausmaß von großer Wichtigkeit für das Ergebnis, wie die Aufschlüsselung der Resultate von O'BRIEN (1976) ergibt:

- bei totaler glatter Abtrennung 82 % Vitalität
- bei subtotaler glatter Abtrennung 95 % Vitalität
- bei totaler Abriß- und Quetschverletzung 6 % Vitalität
- bei subtotaler Abriß- und Quetschverletzung 58 % Vitalität.

## 2.5. Komplikationen

Postoperative Komplikationen nach Replantationen beschränken sich nicht nur auf lokale Zwischenfälle an der replantierten Extremität, es können ebenso generalisierte, lebensbedrohende Zustände eintreten, die sofortige Maßnahmen erfordern. Mit folgenden Komplikationen ist nach einer Replantation zu rechnen:

Lokale Zwischenfälle:

- postoperative Ödembildung,
- Obstruktionen (Spasmen oder Thrombosen),
- Hämorrhagien,
- Infektionen,
- Nekrosen, Gangrän,
- Pseudarthrosen.

Generalisierte Zwischenfälle:

- generalisierter Blutdruckabfall,
- Sepsis,
- toxisches Koma,
- akute Niereninsuffizienz.

Um Komplikationen rechtzeitig erkennen zu können, ist postoperativ eine mindestens stündliche Beobachtung der replantierten Extremität wichtig. Die klinische Beobachtung bezieht sich im wesentlichen auf Kriterien wie Hauttemperatur und Farbe des Replantates.

Verfeinerte Methoden zur exakten Bestimmung der Durchblutungsverhältnisse in Replantaten sind einmal das Sphygmogramm, zum anderen die Thermographie. Um Fehlinterpretationen eines Sphygmogramms auszuschließen, sehen BAUDET et al. (1974) in der Thermographie eine

einfache Methode, Informationen über die Durchblutungsverhältniss auch im tieferen Gewebe replantierter Extremitäten zu bekommen.

## 2.5.1. Lokale Zwischenfälle

### 2.5.1.1. Postoperative Ödembildung

Die Ödembildung nach Extremitätenreplantationen erreicht in der R gel ihr Maximum am 3. postoperativen Tag und bildet sich nach 14 Tagen langsam zurück. Ursachen sind neben des Gewebetraumas eine ungenügende Exzision devitalen, nekrotischen Gewebes (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1967) und ein ungenügender venöser und lymphatischer Abfluß (O'BRIEN et al. 1973b). Die Gefahr bei der Ausbildung von Ödemen besteht in der Hemmung der Blutzirkulation und der damit gegebenen Möglichkeit der Obstruktionen (RAMIREZ et al. 1967). Die Schwellungen lassen sich auf ein Minimum reduzieren, wenn intra operationem doppelt soviel Venen wie Arterien anastomosiert werden, um einen genügenden Abfluß zu schaffen (O'BRIEN et al. 1973a, O'BRIEN et al. 1973b, TSE-MING-TSAI 1975). Die postoperative Behandlung von Ödemen besteht in der medikamentösen Therapie (RAMIREZ et al. 1967) oder in der Dekompensation durch eine längliche Inzision auf dem Handrücken, dem Fingerrücke etc. (FIRST TEACHING HOSPITAL OF CHUNG SHAN MEDICAL COLLAGE, KWANGCHOW 1973, CH'IEN YUN-CH'ING et al. 1966).

Insbesondere bei Fällen der Fingerreplantationen, bei denen die digitale Vene stark zerstört, nicht identifizierbar oder eine Anastomose technisch nicht durchführbar ist, wird das Verfahren der Entlastungsinzision routinemäßig angewandt (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975a). Nach Replantationen ohne Venenanastomos kommt es zu Stauungen und Ödembildung, das auch den arteriellen Einfluß hemmen und eine Gefahr für das Überleben des Fingers bedeuten kann. Unter solchen Umständen wird eine schmale Inzision von 0,5 cm Länge an der Fingerspitze gemacht und das gestaute, heparinisierte Blut herausgelassen, bis es zur Kollateralenausbil

dung an der Replantationsstelle gekommen ist.

2.5.1.2. Obstruktionen

Obstruktionen bilden sich durch Ödemkompression oder durch Spasmen und Thromben aus. Intra operationem sind Obstruktionen zu diagnostizieren (PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL 1975): Ein Gefäßspasmus liegt vor bei Kontraktion der Gefäßwand, Verhärtung des Gefäßes, Blutarmut und Farblosigkeit des Gefäßes. Eine Thrombose liegt vor bei Verhärtung des Gefäßes, Verdickung der Anastomosestelle, Verfärbung der Anastomosestelle.

Keine Unterschiede bestehen hinsichtlich der klinischen Zeichen bei Obstruktionen durch Spasmen und Thromben.

Zeichen venöser Insuffizienz:
- Farbe der Endglieder dunkelrot, allmählich ins blaue übergehend,
- beschleunigte Kapillaren-Auffüllung,
- verstärkter Gewebsdruck,
- geringer Temperaturabfall.

Zeichen arterieller Insuffizienz:
- Farbe der Endglieder blaß und fahl,
- verlangsamte oder ungenügende Kapillaren-Auffüllung,
- Abnahme des Gewebedrucks,
- starker Temperaturabfall (kalte Endglieder).

Um vaskulären Spasmen vorzubeugen, sollte man vor allem während der Operation die Gefäßenden vor der Anastomose mechanisch dehnen (PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL 1975). Wichtig ist die komplette Entfernung zerstörten und zerrissenen Gewebes der Gefäßwände. Die Anastomose sollte spannungsfrei und die Gefäßenden nicht verdrillt sein (FIRST TEACHING HOSPITAL OF CHUNG SHAN MEDICAL COLLAGE 1973). Eine nervale Blockade hemmt möglichen Vasospasmus, und ausreichende Auffüllung des Blutvolumens verhindert Vasokonstriktion. Neben der

örtlichen Verabreichung von Spasmolytika lösen eine 2 %ige warme Lösung von Procain (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975a) oder eine 1,2 %ige Lösung von Papaverin, die unter Druck ins Gefäß injiziert wird (O'BRIEN et al. 1973a, PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL 1975), ebenso wie Akupunktur (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1975a) und warme Umschläge mit Salzlösungen (O'BRIEN et a. 1973a, PEKING CHISHUET'AN HOSPITAL 1975) den Vasospasmus. Die Ausbildung von Thromben ist bis zum 8. postoperativen Tag beobachtet worden (O'BRIEN et al. 1973a). Auslösende Faktoren sind Spasmen, Ödeme, Hämatome und Infektionen im Anastomosebereich (RAMIREZ et al. 1967).

Sollte sich nach Gabe von Magnesium-Sulfat (TSE-MING-TSAI 1975) und durch Herabhängenlassen der Extremität bei venöser Thrombosierung bzw. das Hochlegen des Gliedes bei arteriellem Verschluß keine Besserung des Durchblutungszustandes zeigen, ist eine Revision der Anastomosestelle (O'BRIEN et al. 1973b, O'BRIEN 1976, PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL 1975) oder eine Gefäßüberbrückung durch Venentransplantat (O'BRIEN et al. 1973a) nötig. Wichtig ist es, daß die Revision frühzeitig geschieht, damit es nicht zu einer sekundären Thrombosierung der zuführenden bzw. abführenden Gefäße kommt.

### 2.5.1.3. Hämorrhagien

Blutung im Bereich der Anastomosestellen führt zur Ausbildung eines Hämatoms mit Thrombosierung, Nekrose oder Infektion. Ursachen von Hämorrhagien sind:

- Antikoagulantienüberdosierung,
- starke Dehnung der anastomosierten Gefäße,
- ungenügender Schutz und unzureichende Ummantelung des Gefäßes oder der transplantierten Gefäßbrücke mit gesundem Weichgewebe,
- Ulzeration der Gefäßwand oder Riß der Anastomosestelle nach Infektion (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1973),
- ungenügend abgebundene oder gekauterte Gefäße im Replantationsbereich (O'BRIEN 1976).

Durch Absetzen des Antikoagulantiums und Hochlegen der Extremität ist eine Ausweitung der Blutung zu verhindern. Ein Vorbeugen von Hämorrhagien ist bei Beobachtung folgender Maßnahmen möglich:

- Anastomose ohne Dehnung,
- vollständige Entfernung devitalen Gewebes während der Operation,
- Ummantelung der anastomosierten Gefäße mit gesundem Weichgewebe,
- geringe Dosierung von Antikoagulantien (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1973).

2.5.1.4. Infektionen

Infektionen ermöglichen Thrombosen und sekundäre Hämorrhagien. Ursachen sind:

- Verschmutzung der Wunde beim Unfall,
- langes Nicht-Versorgen der Wunde,
- ungenügende Exzision devitalen Gewebes bei der Operation.

Deshalb ist vor der Operation eine genaue Überprüfung der Wunde auf Kontamination (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1973), während der Operation eine ausreichende Exzision devitalen Gewebes (SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL 1967) und nach der Replantation eine ausreichende Wundtoilette (KLEINERT et al. 1963), eine lokale Drainage und Gabe von Antibiotika nach Antibiogramm (SHANGHAI FIRST PEOPLE'S HOSPITAL 1973) wichtig.

2.5.1.5. Nekrose und Gangränbildung

Hautnekrosen können sich als schmaler Saum neben der Replantationsstelle bilden. Nach O'BRIEN (1976) sind sie unbedenklich, wenn die Blutzirkulation ausreichend ist. Falls sich jedoch die Zirkulation verschlechtert, muß die nekrotische Haut exzidiert, Thromben entfernt und ein Gefäßtransplantat mit Hautlappen eingelagert werden.

Die Möglichkeit zur Gangrän besteht bei Thrombosierung oder Obstr
tion durch Spasmen von Blutgefäßen oder durch eine Kombination vo
Gefäßspasmus und Arterienläsion (RAMIREZ et al. 1967).

2.5.1.6. Pseudarthrosen

Pseudarthrosen sind bei Fingern seltene Komplikationen (O'BRIEN
1976), bei Replantation größerer Extremitäten allerdings beschrie
ben (RAMIREZ et al. 1967, STREULI 1970, HARVEY et al. 1964).

2.5.2. Generalisierte Zwischenfälle

2.5.2.1. Generalisierter Blutdruckabfall

Ursachen eines Blutdruckabfalls, der nach Anastomose des Replan-
tates eintreten und zu Schock und Tod führen kann (KLEINERT et al
1963), sind:

- plötzlicher Volumenmangel durch Auffüllen der Gefäße in der replantierten Extremität,
- Plasmaaustritt ins Gewebe,
- Ausschwemmen von toxischen Metaboliten in den Körper (EIKEN et al. 1964).

2.5.2.2. Sepsis

Sepsis ist möglich bei Nichtbeherrschen einer lokalen Infektion
(SHANGHAI FIRST PEOPLE'S HOSPITAL 1973) und schlechtem Allgemein-
zustand des Patienten.

2.5.2.3. Toxisches Koma

Durch lange Ischämiezeit vor oder nach der Replantation mit Nekrosenbildung kommt es zur Ansammlung von Toxischen Metaboliten, die nach Anastomose ausgeschwemmt, zu Koma, Krämpfen etc. führen können (SHANGHAI FIRST PEOPLE'S HOSPITAL 1973).

2.5.2.4. Akute Niereninsuffizienz

Bei umfangreichen Verwundungen und Replantationen großer Extremitäten mit weit proximaler Amputationsstelle kann der Tod des Patienten durch akutes Nierenversagen eintreten. Bei diesen Replantationen ist ein Erfolg in Frage gestellt. In Fällen mit schwerem Schockzustand wird eine Operation nicht empfohlen. Der Blutverlust muß ausreichend substituiert werden. Bei akutem Nierenversagen muß das Replantat amputiert werden, um das Leben des Patienten zu retten (SHANGHAI FIRST PEOPLE'S HOSPITAL 1973).

## 3. Zusammenfassung

Die Arbeit beschäftigt sich mit der Durchführung von Extremitäten-replantationen. Anhand von 89 Fallberichten im Zeitraum von 1958 - 1977 werden die Indikationen zur Replantation, das technisch-operative Verfahren und mögliche Komplikationen dargestellt. Die durchgeführten Replantationen werden hinsichtlich ihrer Ergebnisse in Abhängigkeit des Verletzungsgrades, des Alters des Patienten und der Ischämiezeit des Amputates beurteilt.

## 4. Literaturverzeichnis


BATEMAN, J.E. — Trauma to Nerves in Limbs. Philadelphia: W.B. Saunders Co., (1962) Zit. nach: ENGBER W.D. and HARDIN C.A. Replantation of extremities. Surgery, Gynecology a. Obstetrics, (1971), 901

BAUDET, J., LE TREUT, A., DILHUYDY, MH., GUEMAIN, AJ. — Valeur pronostique de la thermographie dans les interventions de réimplantation ou de sauvetage des membres. J. radiol. electrol. med. nucl., 55, (1974), 239

BIEMER, E., DUSPIVA, W. — Erfolgreiche Replantation der Mittelhand. Munch. med. Wochenschr., 118, (1976), 473

BILOS, Z.J., LABINSKY, H., KHAZIE, H., GROVE, E. — Forearm Replantation. Illonois. med. J. 4, (1974), 315

BLAKEMORE, A.H., LORD, J.W., STEFKO, P.L. — Restoration of blood flow in damaged arteries. Ann. of surg., 117, (1943), 481

BORGSTRÖM, S., GELIN, L.E., ZEDERFELDT, B. — The Formation of Vein Thrombi Following Tissue Injuri: An Experimental Study in Rabbits. Acta Chir. Scand., suppl. 247, (1959). Zit. nach: EIKEN, O. et al. Limb Replantation. Archives of Surg., 88, (1964), 63

BOWEN, J.E., POOLE, M.D. Multiple Digital Replantation. Br. J. Plast. Surg., 28 (1975), 8

BUNCKE, H.J. Replantation Surgery in China. Plast. Reconstr. Surg., 52, (1973), 476

BUNCKE, H.J., SCHULZ, W.P. Total Ear Reimplantation in the Rabbit Utilising Microminiature Vascular Anastomoses. Br. J. Plast. Surg., 19, (1966), 15. Zit. nach: TAMAI, S. et al. Microvascular Surgery in Orthopaedics and Traumatology. J. Bone and Joint Surg., 54B, (1972), 637

CARREL, A. J. Am. med. Ass., 51, (1908), 1662. Zit. nach: McNEILL, I.F., WILSON, J.S.P. The Problems of Limb Replacement. Brit. J. Surg., 57, (1970), 365

CARREL, A., GUTHRIE, C.C. Science, N.Y., 23, (1906), 393. Zit. nach: McNEILL, I.F., WILSON J.S.P. The Problems of Limb Replacement. Brit. J. Surg., 57, (1970), 365

CHASE, R.A. Ann. Surg., 176, (1972), 341

CH'EN CHUNG-WEI, CH'IEN YUN-CH'ING, PAO YÜEH-SE Salvage of the forearm following complete traumatic amputation. Chin Med. J., 82, (1963), 632

CH'EN CHUNG-WEI, CH'IEN YUN-CH'ING, PAO YÜEH-SE, LIN CH'ING-T'IEN Further experiences in the restorat of amputates limbs. Chin. Med. J., (1965), 225

CH'IEN YUN-CH'ING, CH'EN CHUNG-WEI, LIN CH'ING-T'IEN, PAO YÜEH-SE — Chinese Med. J., 85, (1966), 79

COBBETT, J.R. — Mikrovascular Surgery. Brit. J. Surg., 54, (1967), 842

COBBETT, J.R. — Free Digital Transfer. J. Bone and Joint Surg., 51B, (1969), 677

COOKE, P. — Re-Implantation of the Hand. S. Afr. J. Surg., 14, (1976), 96

DUCKER, T.B., KEMPE, L.G., HAYES, G.J. — The Metabolic Background for Peripheral Nerve Surgery. J. Neurosurg., 30, (1969), 270. Zit. nach: MALT, A.R. et al. Long-Term Utility of Replanted Arms. Ann. Surg., 176, (1972), 334

EGER, M., SCHMIDT, B., TÖRÖK, G., KHODADADI, J., GOLCMAN, L. — Replantation of Upper Extremities. Am. J. Surg., 128, (1974), 447

EIKEN, O., NABSETH, D.C., MAYER, R.F., DETERLING, R.A. — Limb Replantation. Arch. Surg., 88, (1964), 48

ELSAHY, N. — Replantation of a completely amputated distal segment of a thumb. Plast. Reconstr. Surg., 59 (1977), 579

ENGBER, W.D., HARDIN, C.A. — Replantation of Extremities, Surgery, Gynecology and Obstetrics, (1971), 901

FIRST TEACHING HOSPITAL OF CHUNG SHAN MEDICAL COLLAGE, KWANGCHOW — Replantation of Severed Limbs. Chin. Med. J., 6, (1973), 70

FIRST TEACHING HOSPITAL OF HUNAN MEDICAL COLLAGE, CHANGSHA — Autotransplation of an Amputated Finger. Chin. med. J., 8, (1973), 496

FREILINGER, G. — Zur Autoreplantation des Daumens. Acta Chir. Austriaca, 2, (1970), 88

GELIN, L.E. — Studies in Anemia of Injury. Acta Chir. Scand., supp 210, (1956). Zit. nach: EIKEN et al. Limb Replantation. Archiv Surg., 88, (1964), 63

GELIN, L.E. — Supravascular Aggregation and Cappillary Flow. Acta Chir. Scand. 113, (1957), 463. Zit.nach: EIKEN et al. Limb Replantation, Arch. Surg., 88, (1964), 63

GILLIES, H. — Autograft of Amputated Digit. Lancet I, (1940), 1002

GILLIES, H., CAMPBELL REID, D.A. — Autograft of the Amputated Digit. Brit. J. of Plast. Surg., 7, (1955) 338

GILLIES, H., CAMPBELL REID, D.A. — Survival of Finger Nail Following Digital Autograft. Brit. J. of Plast. Surg., 8, (1955), 174

GORDON, S. — Autograft of Amputated Thumb. Lancet II, (1944), 823

HALSTEAD, W.S., REICHERT, F. L., REID, M.R. — Replantation of entire limbs without suture of vessels. Trans Amer. Surg. Ass., 40, (1922), 160. Zit. nach: ENGBER, W.D. et al. Replantation of Extremities. Surgery, Gynecology, Obstetrics, (1971), 901

HARRIS, W.H., MALT, R.A. — Late Results of Human Limb Replantation. J. Trauma, 14, (1974), 44

HARVEY, J.P., SPIEGEL, P.G., KING, J.H., SHORE, E., NOEL, S.M., HAGEN, W. — Replantation of an Upper Limb in a 43-Year-Old Woman. Clin. Orthop. and Related Research, 102, (1974), 167

HAYHURST, J.W., O'BRIEN, B. McC., ISHIDA, H., BAXTER, T.J. — Experimental Digital Replantation after prolonged cooling. The Hand, 6, (1974), 134

HERBSMAN, H., LAFFER, D.J., SHAFTAN, G.W. — Successful Replantation of an Amputated Hand. Ann. Surg., 163, (1966), 137

HÖPFNER, E. — Über Gefäßnaht, Gefäßtransplantation und Replantation von amputierten Extremitäten. Arch. klin. Chir., 70, (1903), 417

JACOBSON, J.H., SUAREZ, E.L., — Microsurgery in Anastomosis of Small Vessels. Surgical Forum, 11, (1960), 243.

JAFFE, S., EARLE, A.S., FLEEGLER, E.J., HUSNI, E.A. Replantation of Amputated Extremities. Ohio State Med. J., 71, (1975), 381

JIANU, I. Beiträge zum Studium der Transplantationen. Arch. klin. Chir., 102, (1913), 57

KLEINERT, H.E., KASDAN, M.L., ROMERO, J.L. Small Blood-Vessel Anastomosis for Salvage of Severely Injured Upper Extremity. Journ. of Bone and Joint Surg., 45A, (1963), 788

KLEINERT, H.E., SERAFIN, D., KUTZ, J.E., ATASOY, E. Reimplantation of Amputated Digit and Hands. Orthop. Clin. North Am 4, (1973), 957

KOLOS, D., ORLAY, G. Replantation of a Hand severed through the Palm. Med. J. Aust., 2, (1974), 559

KOMATSU, S., TAMAI, S. Succesful Replantation auf a completely cut-off Thumb. Plast. and Reconstr. Surg., 42, (1968), 374

KUBO, T., IKITA, Y; WATARI, S., OKUHIRA, N., TSUGE, K. The smallest digital Replant yet? Br. J. Plast Surg., 29, (1976), 3

LAPCHINSKY, A.G. Recent Results of Experimental Transplantation of Preserved Limb and Kidneys and Possible Use of this Technique in Clinical Practice. Ann. New York Academy of Sciences, 87, (1960), 539

LENDVAY, P.G. Anastomosis of digital vessels. The med. J. of Austr. 2, (1968), 723

LENDVAY, P.G., OWEN, E.R. Mikrovascular repair of completely severed digit. The med. J. of Austr., 2, (1970), 818

LENDVAY, P.D. Replacement of the Amputated Digit. Brit. of Plast. Surg., 26, (1973), 398

LINDSAY, W. World Med., 4, (1969), 20
Zit. nach: McNEILL and WILSON: Limb replacement, Brit. J. Surg., 57, (1970), 365

MALT, R.A., REMENSNYDER, J.P. HARRIS, W.H. Long-Term Utility of Replanted Arms. Ann. Surg., 176, (1972), 334

MALT, R.A., McKHANN, C.F. Replantation of Severed Arms. JAMA, 189, (1964), 716

MARTY, A. Die Extremitäten-Replantation als gefäßchirurgischer Noteingriff. Chirurg., 44, (1973), 82

McNEILL, I.F., WILSON, J.S.P. The Problems of Limb Replacement. Brit. J. Surg., 57, (1970), 365

MEYER, V., MAILLARD, G., MAASS, D., AZZONI, Z. Successful Replantation of a Hand amputated through the Metacarpus. J. of Bone an Joint Surg. 58 B, (1976), 474

MIDELL, A.I., LOGHRAN, A.E. Successful Reimplantation of the right Hand: Current technical Concepts and a Report on Late Functional Rehabilitation. J. Trauma 16, (1976), 921

NYLEN, C.O. Acta otolaryngologica 73, (1972), 453. Zit. nach: O'BRIEN B.M. Repl. and Reconstructive mikrovaskular Surg., Ann. R. Col. Surg. Engl., 58, (1976), 87

O'BRIEN, B.McC. Replantation Surgery in China. Med. J. Aust., 2, (1974), 255

O'BRIEN, B.McC. Replantation and Reconstructive microvascular Surgery. Ann. R. Coll. Surg. Eng., 58, (1976), 87

O'BRIEN, B.McC., BAXTER, T.J. Experimental Digital Replantation. Hand, 6, (1974), 11

O'BRIEN, B.McC., MILLER, G.D.H. Digital Reattachment and Revascularization. J. of Bone and Joint Surg., 55 A, (1973), 714

O'BRIEN, B.McC., Mac LEOD, A. M., MILLER, G.D.H., NEWING, R.K., HAYHURST, J.W., MORRISON, W.A. Clinical Replantation of Digits. Plast. Reconstr. Surg., 52, (1973b), 490

ONJI, Y., TAMAI, S., AKIYAMA, H., YAMAGUCHI, T., HIROOKA, Y., MITSUHASHI, N. The Possibility of Salvaging an Amputates Extremity. Clin. Orthop. 32, (1964), 87

OWEN, E. Replantation abgetrennter Extremitäten. Langenbecks Arch. Chir., 339, (1975), 613

PALETTA, F.X. Replantation of the Amputates Extremity. Ann. Surg., 168, (1968), 720

PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL — Replantation of Severed Limbs. Chin. Med. J., 6, (1973), 67

PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL — Autotransplantation of severed Foot. Chin. Med. J., 6, (1973) 75

PEKING CHISHUEIT'AN HOSPITAL — Replantation of Severed Limbs. Chin. Med. J., 1, (1975), 265

PERRIT, R.A. — American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology, Course No. 280, Zit. nach: O'BRIEN, B.M.: Repl. and Reconstructive microvaskular Surg., Ann. R. Coll. Surg. Engl. 58, (1976), 87

PRPIĆ, I. — Reconstruction of the Thumb immediately after Injury. Brit. J. of Plast. Surg.; 17, (1964), 49

RAMIREZ, M.A., DUQUE, M., HERNANDEZ, L., LONDONO, A., CADAVID, G. — Reimplantation of Limbs. Plast and Reconstr. Surg., 40, (1967), 315

RHEA, W.G., FOSTER, J.H. — A Study of the Influence of Heparin and Low Molecular Weight Dextran on Tourniquet Palsy. Surg. Forum, 12, (1961), 437. Zit. nach: EIKEN, O. et al. Limb Replantation. Arch. Surg., 88, (1964), 63

ROTH, H. — Teilweise erfolgreiche Replantation einer Hand, Helv. Chir. Acta, 37, (1970), 234

SECOND TEACHING HOSPITAL OF CHEKIANG MEDICAL COLLAGE, HANGCHOW — Transplantation of severed left Foot on right Leg. Ch med. J., 6, (1973), 74

SERAFIN, D., KUTZ, J.E., KLEINERT, H.E. — Replantation of a complete amputated distal thumb. Pl Reconstr. Surg., 52, (1973

SHANGHAI FIRST PEOPLE'S HOSPITAL — Complications in Replantat of Severed Limbs and their Management. Chin. Med. J., 9, (1973),

SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL — Reattachment of Traumatic tations. A Summing Up of E perience. China's Medicine 5, (1967), 392

SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL — Replantation of Severes Li and Fingers. Chin. Med. J. 1, (1973), 1

SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL — Replantation of Severed Fi Chin. Med. J., 1, (1975 a) 184

SHANGHAI SIXTH PEOPLE'S HOSPITAL — Hyperbaric Oxygen Therapy Replantation of Severed Li Chin.Med. J., 1, (1975 b),

SNYDER, C.C., KNOWLES, R.P., MAYER, P.W., HOBBS, J.C. — Extremity Replantation. Pl and Reconstr. Surg., 26,(1

SNYDER, C.C., STEVENSON, R.M., BROWNE, E.Z. — Successful Replantation of Totally Severed Thumb. Pla and Reconstr. Surg., 50, (1972), 553

STREULI, H.K. — Oberschenkelreplantation nach Bahnunfall. Helv. Chir. Acta, 37, (1970), 237

TAMAI, S., SASAUCHI, N., HORI, Y., TATSUMI, Y., OKUDA, H. — Mikrovascular Surgery in orthopaedics and traumatology. J.Bone and Joint Surg., 54 B, (1972), 637

TAMAI, S., HORI, Y., TATSUMI, Y., OKUDA, H., MII, Y. — Little Finger Replantation in a 20-Month-old Child. Brit. J. Plast. Surg., 27, (1974), 1

TOSATTI, B. — Surgery Vol. 75, Nr. 3, (1974), 38

TSE-MING-TSAI — Experimental and Clinical Application of Microvascular Surgery. Ann. Surg., 181, (1975), 169

TS'UI CHIH-YI, FENG YU-HSIEN, T'ANG CHAO-YU, LI CHIEN-MING, YÜ YEH-CH'IN, CH'EN CH'ANG-CH'UN, SHIH YI-FEI, WANG WEN-HUA, CHIANG LI-PEN, CH'IU HUNG-PAO, MA SHEN-CHIN, LIN TSENG-LU, CH'EN CHIA — Microvascular Anastomosis and Transplantation. Chin. Med. J., 85, (1966a), 610

TS'UI CHIH-YI, SHIH YI-FEI, T'ANG CHAO-YU, WANG WEN-HUA — Sussessful Restoration of a Completely amputated Arm. Chin. Med. J., 85, (1966 b), 536

VOGT, B.P. — Erfolgreiche Replantation eines vollständig amputierten Armes. Helv. Chir. Acta, 37, (1970), 230

WEILAND, A., ROBINSON, H., FUTRELL, J.W. — External Stabilisation of a replanted upper Extremity. J.Trauma, 16, (1976), 239

WILFLINGSEDER, P. Zum Problem der Daumenauto-transplantation. Mschr. Unfallkd. 71, (1968), 68

WILFLINGSEDER, P. Langenbecks Arch. klin. Chir. 287, (1957), 505

WILLIAMS, G.R., CARTER, D.R., FRANK, G.R., PRICE, W.E. Replantation of Amputated Extremities. Ann. Surg., 163, (1966), 788

WINFREY, W.E. et al. Low molecular weight Dextran in small Artery Surgery. Arch. Surg. 88, (1964), 78. Zit nach: CH'IEN YUN-CH'ING et al. Some Problems concerning small vessel Anastomosis in the Reattachment of Complete Traumatic Amputations Chin. Med. J., 85, (1966), 79

Tabelle 1: Oberarmreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput. Stelle | Ausmaß | Typ der Verletzung | Ischä zei |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CH'EN CHUNG WEI et al. 1965 | 26.11 1963 | 23 m | mittle- res Drit- tel | total | Abriß d. Maschine | 4 St |
| EGER et al. 1974 | 1974 ver- öffent- licht | 54 m | Re | sub- total | Abriß d. Explosion | ./. |
| EGER et al. 1974 | 1974 ver- öffent- licht | 19 m | Re | sub- total | Abriß d. Explosion | ./. |
| JAFFE et al. 1975 | August 1973 | 38 m | Ellen- bogen- gelenk | total | Abriß- u. Quetsch- verl. d. Unfall | 4 1/ Std. |
| MALT und McKHANN 1964 | 23.05. 1962 | 12 m | Re un- terhalb der Schulter | total | Abriß d. Zug | 4 St |
| MALT und McKHANN | 05.09. 1963 | 44 m | Re di- stales Drittel | total | Abriß d. Zug | 5 St |

| Heilung Komplikationen | Sek.-Op. | Langzeitbeobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| keine Komplikation | ja | 10 Monate | zu einem hohen Grad normal, kann 6 kg heben | Berührung- u. Temp.-Empfindung reicht bis Mittelhan |
| Nach 8 Tg. Leck in Art.-Sutur, nach 11 Tg. sept. Embolie | nein | Amputation nach 17 Tagen | nein | nein |
| keine Komplikation | nein | ./. | gute Wiederkehr der Funktion, muskuläre Schwäche | Verlust von feinem sensor schem Empfind |
| Blutungen an Anastomosestelle toxisches Koma | nein | Amputation nach 15 Std. | nein | nein |
| keine Komplikation | ja | 10 Jahre | Kraft und Funktion gut, durch Narbenstränge Bewegung eingeschränkt | 2-Punkt-Unter sch. an Finge bis 2 cm, Schmerz u. Be rühr. gut |
| keine Komplikation | ja | 8 Monate (nach 19 Mon. Tod unbek. Ursache). | Ellbogen: volle Extension, passiv 45° Beugung | grobes Empfin den in der Ha |

Fortsetzung: Tabelle 1: Oberarmreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput. Stelle | Ausmaß | Typ der Verletzung | Ischämi zeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| MARTY 1973 | 13.09. 1968 | 41 w | Li, Distales Drittel | total | glatte Abtrennung | ./. |
| TS'UI CHIH-YI et al. 1966 b | 22.02. 1964 | 45 m | Re, unterhalb der Schulter | total | Abriß d. Zug | 5 1/2 Std. |
| VOGT 1970 | 1970 veröffentlicht | 16 m | mittleres Drittel Li | total | glatte Abtrennung d. Säge | 3 1/4 Std. |
| WEILAND et al. 1976 | 1976 veröffentlicht | 28 m | distales Drittel Li | subtotal | Abriß d. Zug | 3 Std. |
| WILLIAMS et al. 1966 | 1.11. 1964 | 20 m | Re | total | Abriß d. Wäschetrockner | 5 Std. |

| Heilung Komplikationen | Sek.-Op. | Langzeitbeobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| keine Komplikation | ja (oberfl.) | 1 Jahr | keine Innervation in Vorderarm u. Handmuskel | geringe Sensibilität in Medianusbereich |
| keine Komplikation | ja | 26 Monate | Schulter: 80° Abduktion, Ellbogen: 90° aktive Bewegung, Handgelenk: 30° akt. Extension, 45° Beugung | Temper.- und Schmerzempfindung wiedergekehrt |
| keine Komplikation | ja | 2 1/2 Jahre | Krallenstellung d. Hand, Beugung in Fingergrundgel. eingeschr., Supination des Vorderarmes um 70° eingeschr. | Temper.- und Druck-Empfindlichkeit gut |
| keine Komplikation | ja | Monate | Funktion des n. ulnaris im 4. u. 5. Finger vorhanden | Wiederkehr der sensorischen Empfindungen |
| keine Komplikation | ja | 1 Jahr | gute Schulterbeweglichkeit, keine Handgelenk- u. Finger-Extension möglich | Sensibilität bis zum Handgelenk, z.T. in Fingern ungenügend |

Tabelle 2: Unterarmreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput. Stelle | Typ d. Verletzung | Ausmaß | Ischä zeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BILOS et al. 1974 | März 1970 | 21 m | Re | glatte Abtrennung d. Papierschneidem. | total | 3 Std |
| BUNCKE et al. 1973 | 1964 | 28 m | Li distales Drittel | Abriß | total | ./. |
| BUNCKE et al. | 1973 | 22 w | Re istales Drittel | Abriß u. Quetschungen | total | ./. |
| CH'EN CHUNG-WEI et al. 1963 | 02.01. 1963 | 27 m | Re distales Drittel | glatte Abtrennung | total | 4 Std |
| CH'IEN YUN-CH'ING et al. 1966 | 1966 veröffentl. | 18 w | Re proximales Drittel | Abriß- u. Quetschverletzung | total | ./. |
| HARVEY et al. 1974 | 16.12. 1966 | 43 w | Re mittler. Drittel | Abriß d. Unfall | total | 9 1/2 Std. |

| Heilung Komplikationen | Sek.-Op. | Langzeit-beobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| keine Komplikation | ja | 2 Jahre | 50° Beugung d. Handgelenkes, keine aktive Extension der Gelneke mögl. | Berührungsempfindung vorhanden, auch in den Fingern. |
| ./. | ./. | 9 Jahre | Handgelenk versteift mit 30° Hyperextension, Beugung u. Extension d. Finger gut | Berührungsempfindung gut. |
| ./. | ./. | 4 Monate | begrenzte Extension der Hand, Fingerbeweglichkeit gut | ./. |
| keine Komplikation | ja | 7 Monate | aktive Beweglichkeit der Finger u. des Handgelenkes eingeschr., kann 6 kg heben | Berührungsempfind. in Fingerspitzen, Temp.-Empfind., 2-Punkt-Empfindung 1,5 cm |
| Thrombosen, mehrmalige Revision | ./. | ./. | ./. | ./. |
| Pseudarthrose nach 2 1/2 Jahren | ja | 7 Jahre | Funktion in Schulter u. Ellbogengelenk gut, in Handgelenk d. Narbenstränge eingeschränkt | keine gute 2-Punkt-Unterscheidung, Berührungsempfind. gestört. |

Fortsetzung: Tabelle 2: Unterarmreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput.-Stelle | Typ d. Verletzung | Ausmaß | Ischämiezeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| KLEINERT et al. 1963 | 14.01. 1961 | 35 w | Re proximales Drittel | Abriß d. Schußverletzung | subtotal | ./. |
| KLEINERT et al. 1963 | 08.09. 1958 | 27 m | Re proximales Drittel | glatte Abtrennung d. Schnitt | subtotal | ./. |
| MALT et al. 1972 | 07.11. 1969 | 24 m | Li distales Drittel | glatte Abtrennung d. Buchbindemasch. | total | 7 Std. |
| MALT et al. 1972 | 13.07. 1970 | 28 m | Li distales Dtittel | Abriß d. Maschine | total | 8 Std. |
| MARTY 1973 | 01.06. 1970 | 15 m | Re distales Drittel | ./. | subtotal | ./. |
| PALETTA 1968 | 1968 veröffentlicht | 34 m | Li distales Drittel | Abriß u. Quetschung d. Unfall | total | 6 1/4 Std. |

| Heilung Komplikationen | Sek.-Op. | Langzeitbeobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| keine Komplikation | ja | 2 Jahre | Ellbogengelenk 30° Bewegung | Berührungsempfind. vorhanden. |
| Keine Kompliation | ja | 2 Jahre | Extension d. Finger eingeschränkt. Beugung normal | Berührungsempfind. in Hand u. Fingern |
| ungenügende Durchblutung trotz mehrerer Revisionen u. Anastomosen | nein | Amputation | nein | nein |
| keine Komplikation | ja | 10 Monate | vorhanden | vorhanden |
| keine Komplikation | ./. | 1 1/2 Jahre | insgesamt gute Greifqualität | Daumen u. Zeigefinger gut, in anderen Fingern keine Unterscheigungsmöglichkeit |
| anhaltende Schmerzen | nein | Amputation nach 7 Mon. | Sehnenkontraktion | nach 6 Monaten bis zu Fingergrundgelenken zurückgekehrt |

Fortsetzung: Tabelle 2: Unterarmreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput.-Stelle | Typ d. Verletzung | Ausmaß | Ischämiezeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| RAMIREZ et al. 1967 | 25.04. 1964 | 40 w | Li distales Drittel | glatte Abtrennung d. Machete | total | 10 S |
| RAMIREZ et al. 1967 | 05.09. 1965 | 33 m | Re distales Drittel | glatte Abtrennung d. Machete | total | 10 S |
| RAMIREZ et al. 1967 | 05.06. 1966 | 32 m | Li distales Drittel | glatte Abtrennung d. Machete | total | 12 S |
| RAMIREZ et al. 1967 | 22.08. 1966 | 39 m | Li distales Drittel | glatte Abtrennung d. Machete | total | 22 S |
| TS'UI CHIH-YI et al. 1966 | 28.08. 1964 | 30 m | Re mittleres Drittel | Abriß | subtotal | ./. |
| TS'UI CHIH-YI et al. 1966 | 23.07. 1964 | 23 m | Re u. Li distales Drittel | Abriß | subtotal | ./. |

| Heilung Komplikationen | Sek.-Op. | Langzeitbeobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| Hämatom und Ausbildung einer Gangrän | nein | Amputation | nein | nein |
| keine Komplikation | ja | 13 Monate | Handgelenkbewegung annähernd normal, kann differenziert greifen | völlig wieder hergestellt |
| Infektion Pseudoarthrose | ja | 7 Monate | Fingerextension 70 %, Beugung 80 % | bis zur Mittllhand wiederhergestellt |
| Infektion Thrombose Gangräm | nein | Amputation nach 11 Tagen | nein | nein |
| keine Komplikation | nein | 16 Monate | annähernd normal | ./. |
| keine Komplikation | nein | 18 Monate | annähernd normal | ./. |

Tabelle 3: Handreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput.-Stelle | Ausmaß | Typ d. Verletzung | Ischä zeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BIEMER u. DUSPIVA 1976 | 1976 ver-öffent-licht | 23 m | Li Mit-telhand | sub-total | glatte Ab-trennung d. Säge | ./. |
| BIEMER u. DUSPIVA | 1976 ver-öffent-licht | 18 m | Re Mit-telhand | sub-total | Abriß d. Teichpor-tionier-maschine | |
| COOKE 1976 | 09.01. 1976 | 22 m | Hand-wurzel | total | glatte Ab-trennung d. Papierschnei-demaschine | |
| CH'EIN CHUNG-WEI et al. 1965 | 22.12. 1963 | 26 w | Re Mit-telhand | total | Abriß d. Maschine | |
| HARRIS u. MALT 1974 | 17.02. 1967 | 27 m | Li Hand-gelenk | total | glatte Ab-trennung d. Säge | 5 Std |
| HERBSMAN et al. 1966 | 26.11. 1962 | 31 m | Li Hand-wurzel | sub-total | glatte Ab-trennung d. Messer | 5 1/2 Std. |

| ilung<br>mplikationen | Sek.-<br>Op. | Langzeit-<br>beobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| ine<br>omplikation | | | | |
| ine<br>mplikation | | | | |
| terienthrom-<br>nach 1 Wo-<br>e | | 7 Wochen | leichte Beugung der Finger möglich | |
| ine<br>mplikation | ja | 2 Jahre | Heben von 5 kg möglich, Fingerbeugung bis 3-8 cm vor Handfläche | Berührungs-, Schmerz-, Temperatur-Empfinden wiedergekehrt |
| ine<br>mplikation | ja | 6 Jahre | Beugekontraktur in Fingern 30 - 50°, volle Gebrauchsfähigkeit | 2-Punkt-Empfindung 1-11/4 inch am Finger, Schmerz-Temp.-Empfindung gut |
| ine<br>mplikation | ja | 18 Monate | Gebrauchsfähigkeit, Fingerbeugung bis 1-2 inch vor Handfläche | 2 -Punkt-Empfindung nur 21-35 mm in Fingerspitzen, sonst gut, Sensibilität wiedererlangt. |

Fortsetzung: Tabelle 3: Handreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput.-Stelle | Ausmaß | Typ d. Verletzung | Ischämiezeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| JAFFE et al. 1975 | August 1965 | 51 m | Re Handgelenk | total | glatte Abtrennung d. Maschine | |
| JAFFE et al. 1975 | Dezember 1970 | 23 m | Re Handgelenk | total | glatte Abtrennung d. Messer | |
| JAFFE et al. 1975 | Januar 1974 | 53 m | Li Mittelhand | total | glatte Abtrennung d. Maschine | |
| JAFFE et al. 1975 | Juli 1974 | 20 m | Re Mittelhand | total | glatte Abtrennung d. Maschine | |
| KLEINERT et al. 1963 | 04.08. 1958 | 76 m | Re Handgelenk | subtotal | glatte Abtrennung d. Säge | |
| KLEINERT et al. 1963 | 26.03. 1961 | 23 m | Re Handinnenfl. Handgel. | subtotal | Riß d. Unfall | |

| Heilung Komplikationen | Sek.-Op. | Langzeit-beobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| keine Komplikation | ja | 10 Jahre | Funktinn eingeschränkt durch Verlust von 3 Fingerendgliedern | |
| keine Komplikation | ja | 2 Jahre (Suizid) | gute Gebrauchsfähigkeit | |
| schlechte Durchblutung | ja | nach 48 Std. Amputation | nein | nein |
| keine Komplikation | ja | 6 Wochen | | |
| keine Komplikation | nein | 3 Jahre | Atrophie der Sehnen, Extension u. Beugung eingeschränkt | Berührung differenzierbar, Sensibilierung der Finger nicht gut |
| keine Komplikation | nein | 6 Monate | aktive u. pass. Unbeweglichkeit d. Daumens, Zeigefingerbeweglichkeit eingeschränkt | Berührung Differenzierbar |

Fortsetzung: Tabelle 3/ Handreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput.-Stelle | Ausmaß | Typ der Verletzung | Ischämi zeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| KOLOS und ORLAY 1974 | 11.01. 1972 | 34 m | Re Mittelhand | total | glatte Abtrennung d. Säge | |
| MALT et al. 1972 | 18.12. 1967 | 5 m | Re Handgelenk | total | Abriß- u. Quetschverletzung d. Rolltreppe | |
| MALT et al. 1972 | 16.01. 1969 | 60 m | Li Handgelenk | total | glatte Abtrennung d. Papierschneidem. | 8 Std. |
| MEYER et al. 1976 | 24.06. 1974 | 28 m | Re Mittelhand | total | glatte Abtrennung d. Säge | 9 1/2 Std. |
| MIDELL u. LOUGHRAN 1976 | 08.08. 1972 | 33 m | Re Handwurzel | total | Abriß d- Druckmaschine | 5 Std. |
| O'BRIEN u. MILLER 1973 | 1973 veröffentlicht | 50 m | Li oberes Drittel | total | glatte Abtrennung d. Schnitt | 13 Std. |

| ilung<br>mplikationen | Sek.-<br>Op. | Langzeit-<br>beobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| hwellungs-<br>stände | ja | 1 Jahre | Einschränkungen, da nur Handfragmente erhalten | |
| genügende<br>rchblutung | nein | Amputation nach 14 Std. | nein | nein |
| ine<br>mplikation | ja | 3 Jahre | gebrauchsfähig | |
| ine<br>mplikation | ja | 1 1/2 Jahre | Funktion durch Narbenbildung eingeschränkt | Sensibilität gut, aber eingeschränkt |
| ine<br>mplikation | ja | 2 Jahre | durch Zerstörung des Handgelenkes Funktion eingeschränkt | 2-Punkt-Empfindung auf Fingern 14 - 20 mm |
| ine<br>mplikation | ja | 8 Monate | fortschreitende Wiederkehr | |

Fortsetzung: Tabelle 3: Handreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput.-Stelle | Ausmaß | Typ d. Verletzung | Ischämie zeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| O'BRIEN u. MILLER 1973 | 1973 veröffentlicht | 17 m | Li oberes Drittel | total | glatte Abtrennung d. Schnitt | 9 Std. |
| RAMIREZ et al. 1967 | 17.01. 1965 | 17 m | Li Handgelenk | subtotal | glatte Abtrannung d. Machete | 9 Std. |
| RAMIREZ et al. 1967 | 15.10. 1965 | 20 m | Li Handgelenk | subtotal | Abriß d. Maschine | 5 Std. |
| RAMIREZ et al. 1967 | 29.11. 1965 | 30 m | Li Handgelenk | total | glatte Abtrennung d. Machete | 6 Std. |
| ROTH 1970 | Oktober 1967 | 50 m | Re Handwurzel | subtotal | Abriß d. Maschinengetriebekette | |

| Heilung Komplikationen | Sek.-Op. | Langzeitbeobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| keine Komplikation | ja | | | |
| keine Komplikation | ja | 2 Jahre | Beugung und Extension der Finger fast normal, Fingerbeugung bis 2 cm vor Handfläche | gute Berührungsempfindung |
| keine Komplikation | | | Handgelenkbewegung annähernd normal, Fingerbeugung eingeschränkt | wiedererlangt |
| keine Komplikation | | 1 1/2 Jahre | Handgelenk 70 % Extension, Daumen 60 % Extension, Flexion der Finger 80 % | bis auf Fingerspitzen wiedergekehrt |
| Infektion | | 1 1/2 Jahre | Finger- und Handgelenk vollständig versteift | Sensibilität im Bereich des n. ulnaris normal, schmerzhafte, entzündliche Schwellungszustände |

Tabelle 4: Oberschenkelreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput.-Stelle | Ausmaß | Typ d. Verletzung | Ischämiezeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| STREULI 1970 | 29.09. 1967 | 15 w | Li distales Drittel | subtotal | Abriß d. Zug | 4 Std. |

Tabelle 5: Autogene Transplantate

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amputations-Stelle | Ausmaß | Typ d. Verltzg. | Ischämiezeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cobbett 1969 | April 1968 | 31 m | Amputation v. Daumen, Zeige-, Mittelfinger, nach 1/2 Jahr Transplantation vom Li großen Zeh auf Daumenstumpf | Total | glatte Abtrennung d. Säge | |
| FIRST TEACHING HOSPITAL CHANGSHA | 02.08 1972 | 25 m | Amputation v. Daumen u. Zeigefinger Re, Transplantation von Zeigefinger auf Daumenstumpf | total | glatte Abtrennung d. Säge | |
| SECOND TEACHING HOSPITAL HANGCHOW | 04.03. 1971 | 31 m | Amp. beider Beine, Re Fuß zermalmt, Li Bein zerstört Transpl. vom Li. Fuß auf Re Bein | total | Abriß u. Quetschg. d. Zug | 10 Std. |

| Heilung Komplikationen | Sek.-Op. | Langzeitbeobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| Infektion, Osteomyelitis, Per-Secundam-Heilung | ja | 1 Jahr | minimale aktive Bewegung des Fußes, Kniegelenkbeweglichkeit 175°-90° | Parästhesien, Schwellungszustände |

| Heilung Komplikationen | Sek.-Op. | Langzeitbeobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| keine Komplikation | ja | 8 Monate | 10° Beweglichkeit im Gelenk | 2-Punkt-Empfindung 2 cm |
| Zirkulationsstörung nach 7 Tg., nach 1 Monat trockene Gangrän | nein | 3 Monate | Zwischengelenke versteift, Daumen bewegungsfähig | |
| keine Komplikation | nein | 2 Jahre | Bewegungsfähigkeit des Fußgelenkes minimal | Sensibilität vorhanden |

Fortsetzung: Tabelle 5: Autogene Transplantate

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amputations-Stelle | Ausmaß | Typ d. Verltzg. | Ischämi zeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PEKING CHIS-HUEIT'AN HOSPITAL | 10.01. 1972 | w | Amput. beider Beine, Li Fuß zermalmt, Re Bein zerstört Re Fuß auf Li Bein | total | Abriß u. Quetschg. d. Zug | |
| TSE MING TSAI 1975 | 08.06. 1973 | 25 m | Amput. Li I, II, III. Repl. von Li II auf Daumenstumpf | total | glatte Abtrennung d. Säge | |
| TSE MING TSAI 1975 | 16.02. 1973 | 20 m | Re I amputiert, nach 3 Mon. Replantation des rechten Zehs auf Daumenstumpf | | | |
| TSE MING TSAI 1975 | 14.08. 1973 | 17 m | Li I amputiert. Replantation d. rechten zweiten Zehs auf Daumenstumpf | | | |

| Heilung Komplikationen | Sek.-Op. | Langzeit-beobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| keine Komplikation | nein | 10 Monate | keine Beweglichkeit im Gelenk | Sensorik an Fußsohle vorhanden |
| Thrombektomie nach 2 Tagen | ja | 6 Monate | Beugung am Grundgelenk 100°, Zwischengelenk 30° | Berührungs-, Temp. Empfindung fast normal |
| keine Komplikation | ja | 6 Monate | aktive Bewegung eingeschränkt, Beugung 30° | 2-Punkt-Empfind. 1,5 cm, Temp.-Schmerz-, Berührungsempfindung |
| keine Komplikation | | 9 Monate | Beugung 60° in Grundgelenk, 30° in Zwischengelenk | Schmerz-, Berührungsempfindung vorhanden |

Tabelle 6: Fingerreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput.-Stelle | Ausmaß | Typ d. Verletzung | Ischämiezeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BOWEN und POOLE 1975 | 1975 veröffentlicht | 53 w | Re II, III, IV | total | glatte Abtrennung | 6 Std. |
| BUNCKE et al. 1973 | 1973 veröffentlicht | 25 m | Li I | total | Abriß | |
| BUNCKE et al. 1973 | 1973 veröffentlicht | w | Li II, III, IV V | total | glatte Abtrennung | |
| BUNCKE et al. 1973 | 1973 veröffentlicht | | II, III, IV, V | total | | |
| COBBETT 1967 | 1967 veröffentlicht | 2 1/2 m | Re IV | subtotal | Quetschung | |
| ELSAHY 1977 | 1977 veröffentlicht | 35 m | Li I distal | total | | |

| eilung<br>omplikationen | Sek.-<br>Op. | Langzeit-<br>beobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| eine<br>omplikation | | 3 Monate | 40° aktive Beweglichkeit volle Extension | Parästhesien, Schmerzempfindlichkeit vorhanden |
| | ja | 13 Monate | gute Bewegungsfähigkeit | Berührungsempfindung vorhanden |
| nger V nicht<br>tal erhalten | | 7 Jahre | gute Beweglichkeit | 2-Punkt-Empfindung weniger als 1 cm |
| | | | Fingerbeweglichkeit bis 2 cm auf Handfläche | Sensorik vorhanden |
| ine<br>mplikation | | | | |
| nige Tage<br>nderdurchblu-<br>ng | nein | 1 Jahr | normale Beweglichkeit | Berührungs-, Schmerz-Empfindung normal, Überempfindlichkeit bei Kälte, 2-Punkt-Empf. vermindert |

Fortsetzung: Tabelle 6: Fingerreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput.-Stelle | Ausmaß | Typ d. Verletzung | Ischämiezeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| KLEINERT u. KASDAN 1963 | 1963 veröffentlicht | 16 m | 3 Finger | subtotal | glatte Abtrennung d. Säge | |
| KLEINERT u. KASDAN 1963 | 1963 veröffentlicht | 52 m | Li I | subtotal | Riß und Quetschung | |
| KOMATSU et al. 1968 | 27.07. 1965 | 28 m | Li I | total | glatte Ab. trennung d. Maschine | 3 Std. |
| KUBO 1976 | 1976 veröffentlicht | 14 Mon. | Li IV distal | total | glatte Abtrennung | 5 Std. |
| LENDVAY 1968 | 21.02. 1968 | 37 m | Re I | subtotal | Quetschung d. Hobelmaschine | |
| LENDVAY 1970 | 1970 veröffentlicht | 38 m | Li V | total | Abriß d. Unfall | |
| LENDVAY 1973 | 1973 veröffentlicht | 21 w | Re II, III, IV, V | total | Abriß u. Quetschung d. Druckpresse | 5 1/2 Std. |

| Heilung Komplikationen | Sek.-Op. | Langzeit-beobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| keine Komplikation | ja | | gute Extension, Beweglichkeit u. Funktionsfähigkeit | |
| keine Komplikation | | 5 Wochen | Beweglichkeit vorhanden | |
| keine Komplikation | nein | 2 1/2 Jahre | gebrauchsfähig | leicht eingeschränkt |
| keine Komplikation | nein | | | |
| keine Komplikation | | 1 Monat | gebrauchsfähig | |
| keine Komplikation | ja | 6 Monate (nach erneutem Unfall) Amputation | | |
| Thrombektomie nach 2 Tagen | ja | 18 Monate | adäquate Beugung und Extension | 2-Punkt-Empfindung 0,8-2,2 c |

Fortsetzung: Tabelle 6: Fingerreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput.-Stelle | Ausmaß | Typ d. Verletzung | Ischämiezeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| LENDVAY 1973 | 1973 veröffentlicht | 42 m | Re II, III | total | Quetschung d. Maschine | |
| LENDVAY 1973 | 1973 veröffentlicht | 19 m | Li II, III, IV V | II=total restl. subtotal | glatte Abtrennung | |
| O'BRIEN u. MILLER 1973 | 1973 veröffentlicht | 25 w | Li IV | total | Abriß | |
| O'BRIEN u. MILLER 1973 | 1973 veröffentlicht | 31 m | Re II, III, IV V, Replant. v. Re II | subtotal | Abriß | |
| O'BRIEN u. MILLER 1973 | 1973 veröffentlicht | 46 m | Li II, III | total | | 10 Std. |
| O'BRIEN u. MILLER 1973 | 1973 veröffentlicht | 17 m | Li I | total | Abriß | 9 Std. |

| Heilung Komplikationen | Sek.-Op. | Langzeitbeobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| keine Komplikation | ja | 6 Monate | gebrauchsfähig | |
| keine Komplikation | ja | 2 Monate | Beweglichkeit 25° | |
| Thrombektomie nach 10 Tagen, erneute Thrombose | nein | nach 14 Tg. Amputation | nein | nein |
| keine Komplikation | ja | 18 Monate | gebrauchsfähig | 2-Punkt-Empfindung 8 mm |
| Hinderdurchblutung, Thrombose | nein | 1 Jahr | Beugung eingeschränkt | 2-Punkt-Empfindung 1 cm |
| Blutungen, Hämatom an Anastomosestelle, Gefäßspasmen | | Amputation | | |

Fortsetzung: Tabelle 6: Fingerreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput.-Stelle | Ausmaß | Typ d. Verletzung | Ischämiezeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| O'BRIEN u. MILLER 1973 | 1973 veröffentlicht | 20 m | Re II, III, Replant. von Re II | total | glatte Abtrennung d. Säge | 10 1/2 Std. |
| O'BRIEN u. MILLER 1973 | 1973 veröffentlicht | 24 w | Li I | total | Abriß d. Unfall | 9 Std. |
| SERAFIN 1973 | 1973 veröffentlicht | 17 m | LiI distal | total | glatte Abtrennung | |
| SNYDER 1972 | 25.06. 1971 | 24 m | Li I | total | glatte Abtrennung | |
| TAMAI 1972 | 1972 veröffentlicht | 22 m | Li II | total | glatte Abtrennung d. Axt | |
| TAMAI 1974 | 25.01. 1973 | 1 1/2 Jahre | Li V | total | glatte Abtrennung d. Masch. | |
| TSE MING TSAI 1975 | 16.04. 1973 | 26 m | Re I | total | glatte Abtrennung | |

| Heilung Komplikationen | Sek-Op. | Langzeit-beobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| keine Komplikation | ja | 12 Monate | Beweglichkeit vorhanden | 2-Punkt-Empfindung 6-12 mm |
| Thrombose, Minderdurchblutung, Nekrose, diffuse Blutungen | | Amputation nach 3 Wochen | | |
| 2 Tage Minderdurchblutung | | | | |
| keine Komplikation | ja | 5 Monate | Beweglichkeit vorhanden | |
| einige Std. Minderdurchblutung | ja | | | |
| keine Komplikation | | 2 1/2 Mon. | aktive Beweglichkeit des Fingergrundgelenkes, nur passive Beweglichkeit des Fingerendgelenkes | |
| keine Komplikation | nein | 8 Monate | Beweglichkeit gut, $30^{o}$ Flexion im Endgelenk | Schmerzempfindung |

Fortsetzung: Tabelle 6: Fingerreplantationen

| Autor | Datum | Alter Geschl. | Amput.-Stelle | Ausmaß | Typ d. Verletzung | Ischämiezeit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TSE MING TSAI | 25.05. 1973 | 25 w | Li II, III, IV | total | | |
| TSE MING TSAI 1975 | 21.09. 1973 | 44 m | Li I-V Re I, II, Replant. von Li I - III u. Re I, II | total R II sub- | glatte Ab-Trennung d. Papier-schneide-maschine | |
| TSE MING TSAI | 28.11. 1973 | 8 m | Li V | total | Abriß u. Quetschung | |

| Heilung<br>Komplikationen | Sek.-<br>Op. | Langzeit-<br>beobachtung | Funktion | Sensibilität |
|---|---|---|---|---|
| nach 1 Tag<br>keine Durchblu-<br>tung von Fin-<br>ger IV | nein | 6 Monate.<br>Finger IV<br>nach 1 Tag<br>amputiert | | Temperaturempfin-<br>dung, 2-Punkt-<br>Empfindung 1 cm |
| keine Durch-<br>blutung von<br>Re I | | 2 Wochen | | |
| Minderdurch-<br>blutung 10<br>Tage lang | | 2 Wochen | | |

Herrn Prof. Dr. T.S. LIE
danke ich für die freund-
liche Überlassung des
Themas und stets gern
gewährter Unterstützung.

LEBENSLAUF

Am 10.10.1952 wurde ich als ältester Sohn des Zahnarztes Dr. Christian Koll und dessen Ehefrau Ursula Koll, geb. Schäfer, in Bremerhaven geboren.

Nach vier-jährigem Grundschul-Besuch in Dorum wechselte ich 1963 zum "Gymnasium für Jungen Cuxhaven" und bestand dort 1971 die Reifeprüfung. Nach Zulassung zum Studium der Zahnmedizin im April 1972 an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn legte ich dort im September 1973 die naturwissenschaftliche Vorprüfung, im September 1974 die zahnärztliche Vorprüfung und im Juli 1977 die zahnärztliche Prüfung ab. Am 31. August 1977 erhielt ich die Bestallung als Zahnarzt.

Nach Ableistung der Wehrpflicht als Zahnarzt bin ich als Assistent in einer zahnärztlichen Praxis in Münster tätig.

Münster, im Mai 1980

Druckerei Wiermer
4401 Altenberge Tel. (0 25 05) 6 16